

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

Diseño de una metodología para la estimación del índice de caminabilidad: Análisis de caso en Cartago, Costa Rica y Potchefstroom, Sudáfrica

Félix Andrés Torres Martínez

CARTAGO, MAYO, 2019

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

ingeniería
ambiental

“Diseño de una metodología para la estimación del índice de caminabilidad: Análisis de caso en Cartago, Costa Rica y Potchefstroom, Sudáfrica”

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

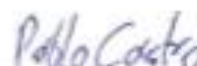
Miembros del tribunal



PhD. Ulliana Abarca Guerrero.
Directora



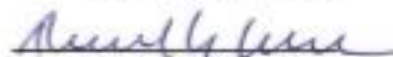
Ing. Ana Lucía Moya Mora.
Lector 1



Ing. Pablo Castro Ugalde.
Lector 2



MSc. Diana A. Zambrano P.
Coordinador COTRAFIG



MGA. Ricardo-Coy Herrera
Director Escuela de Química

MSc. Ana Lorena Arias Zúñiga
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

A mis padres, Félix y Rocío, por brindarme en cada una de las etapas de mi vida el amor más sincero, cálido e incondicional que un ser humano es capaz de ofrecer. Cada paso, cada logro es gracias a ustedes.

A mis hermanos, Julián y Clareth, por compartir conmigo la amistad más fiel, incondicional y divertida que he podido presenciar.

AGRADECIMIENTOS

A Ana Lucía Moya, por acompañarme con paciencia y dedicación a lo largo de todo este proceso académico, pero más aún por esta incondicional amistad que se ha ido tejiendo de la forma más natural y cálida a lo largo de los años.

A mi tutora Lilliana Abarca, por ofrecerme todo el apoyo y apertura durante toda la investigación.

A Amanda y Paula por ser mantenerme a flote en los momentos más complicados, pero sobre todo por ser cómplices de compartir los momentos más dulces y felices en el diario vivir. A María José por apoyarme de la manera más sincera durante mis primeros años en la universidad. Y en general a todos los amigos que me dejó el TEC, Pipa, Estrella, Sofi y todos los que de manera directa o indirecta hicieron esto posible.

A la familia Terblanche y Hattingh, por hacer de Sudáfrica mi hogar. A Danielle, por darme, a pesar de la distancia, una de las maneras de amor más dulces que he podido vivir, a Juanita por todo el cariño, la confianza y acogimiento brindado, a Reinier, Gustav y Christian, por hacer de mi pasantía posible.

A mis profesores del TEC, que incondicionalmente brindaron verdadero apoyo académico y humano, especialmente a la profesora Diana Zambrano. También al profesor Camilo de la Facultad de Filosofía, por mostrarme otras maneras posibles de entender las cosas.

Tabla de contenido

Resumen	1
1. Introducción	3
1.1. Objetivos.....	5
1.1.1. Objetivo General	5
1.1.2. Objetivos específicos.....	5
2. Marco Teórico	6
2.1. Movilidad y transporte	6
2.2. La problemática del urbanismo moderno	7
2.3. Movilidad sostenible	8
2.4. Walkability o Caminabilidad.....	9
2.5. Beneficios de la caminabilidad.....	10
2.6. Índice de caminabilidad y análisis de estudios previos	11
2.7. Situación mundial	12
2.8. Situación de Costa Rica.....	14
2.9. Situación en Cartago.....	14
2.10. Situación en Sudáfrica	16
2.11. Situación en Potchefstroom	17
3. Metodología	19
3.1. Sitios de Estudio	19
3.1.1. Sitio de estudio en Potchefstroom.....	19
3.1.2. Sitio de estudio en Cartago.....	22
3.2. Selección de aspectos a evaluar.....	24
3.3. Recolección de datos	25
3.3.1. Ancho de aceras	25

3.3.2.	Presencia de arbolado y zonas techadas	26
3.3.3.	Iluminación peatonal	27
3.3.4.	Accesibilidad	27
3.3.5.	Facilidad de cruce	28
3.3.6.	Obstáculos peatonales	28
3.3.7.	Proximidad	29
3.3.8.	Percepción de seguridad	30
3.3.9.	Condición de aceras.	32
3.3.10.	Flujo de peatones.....	33
3.4.	Criterios de ponderación.....	37
3.4.1.	Criterios de ponderación para el aspecto de ancho de aceras	37
3.4.2.	Criterios de ponderación para el aspecto de presencia de arbolado y techo	38
3.4.3.	Criterios de ponderación para el aspecto de iluminación peatonal	39
3.4.4.	Criterios de ponderación para el aspecto de accesibilidad	40
3.4.5.	Criterios de ponderación para el aspecto de facilidad de cruce	40
3.4.6.	Criterios de ponderación para el aspecto de obstáculos peatonales	41
3.4.7.	Criterios de ponderación para el aspecto de proximidad	41
3.4.8.	Criterios de ponderación para el aspecto de seguridad	42
3.4.9.	Criterios de ponderación para el aspecto de condición de aceras	42
3.4.10.	Criterios de factores de ponderación para el índice de caminabilidad ponderado	43
3.5.	Cálculo de los diferentes índices	43
3.5.1.	Índice de ancho, arbolado y techo, iluminación peatonal, accesibilidad, facilidad de cruce, obstáculos, proximidad y seguridad.	44
3.5.2.	Índice de condición de aceras.....	44
3.5.3.	Índice de caminabilidad no ponderado.....	44
3.5.4.	Índice de caminabilidad ponderado.....	45
3.5.5.	Niveles de servicios (LOS)	45
3.6.	Análisis de resultados	46
4.	Resultados y discusión	47
4.1.	Selección de parámetros de caminabilidad.....	47
4.2.	Resultados del cálculo del índice de caminabilidad	51
4.2.1.	Índice de ancho de aceras.....	52
4.2.2.	Índice de obstáculos peatonales	59
4.2.3.	Determinación de los niveles de servicio de aceras	70
4.2.4.	Índice de condición de aceras.....	81

4.2.5.	Índice de accesibilidad peatonal.....	89
4.2.6.	Índice de cruces.....	94
4.2.7.	Índice de arbolado y techos.....	99
4.2.8.	Índice de alumbrado.....	106
4.2.9.	Índice de uso mixto de suelos.....	114
4.2.10.	Índice de percepción de seguridad.....	121
4.2.11.	Índice de caminabiliad.....	130
4.2.12.	Índice de caminabilidad ponderado.....	138
5.	Conclusiones.....	145
6.	Recomendaciones.....	146
6.1.	Recomendaciones para la ciudad de Cartago.....	146
6.2.	Recomendaciones para la ciudad de Potchefstroom.....	147
7.	Bibliografía.....	148
8.	Anexos.....	154

Tabla de figuras

Figura 1.	Jerarquía del transporte urbano en el marco de la movilidad sostenible.....	9
Figura 2.	Índice de Integración Cartago.	16
Figura 3.	Relación entre la densidad urbana y el uso del automóvil por ciudad.....	17
Figura 4.	Mapa de la zona de estudio en Potchefstroom.	21
Figura 5.	Mapa de la zona de estudio en Cartago.....	23
Figura 6.	Esquema metodológico para la elección de los aspectos a evaluar.	24
Figura 7.	Ejemplo de ancho muerto de acera (A, B Y C).....	26
Figura 8.	Puntos de muestreo de luminosidad.....	27

Figura 9. Tipos de medición de obstáculos.	29
Figura 10. Ubicación de los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Cartago.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11. Ubicación de los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Potchefstroom.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12. Cantidad de peatones en los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Cartago ...	34
Figura 13. Ubicación de los 16 puntos de aforo para la ciudad de Cartago.	36
Figura 14. Resultados georreferenciados del índice de ancho de aceras en la ciudad de Cartago.	54
Figura 15. Resultados georeferenciados de la categorización de aceras en Potchefstroom.	57
Figura 16. Resultados georeferenciados del índice de ancho de aceras en Potchefstroom ..	58
Figura 17. Porcentaje de obstáculos encontrados en Cartago..	60
Figura 18. Promedio de ancho ocupado por tipo de obstáculo en Cartago	61
Figura 19. Evidencia de obstáculos en las aceras 142, 82 y 121 respectivamente.	62
Figura 20. Resultados georreferenciados de obstáculos por tipo en Cartago.	63
Figura 21. Resultados georreferenciados del índice de obstáculos en Cartago.....	64
Figura 22. Porcentaje de obstáculos encontrados en Potchefstroom.....	65
Figura 23. Promedio de ancho ocupado por tipo de obstáculo en Potchefstroom.....	66
Figura 24. Evidencias de obstáculos en Meyer St, Gerrit Dekker St y Molen St respectivamente..	67
Figura 25. Resultados georreferenciados de obstáculos por tipo en Potchefstroom..	68
Figura 26. Resultados georreferenciados del índice de obstáculos en Potchefstroom.	69

Figura 27. Cantidad de peatones en 15 minutos geográficamente referenciados en la ciudad de Cartago.....	72
Figura 28. Aforos de los distintos tipos de movilidad urbana en los puntos 9, 10, 11, 12 y 13..	73
Figura 29. Aforos de los distintos tipos de movilidad urbana en los puntos 1, 2, 3 y 13....	73
Figura 30. Aforos de los distintos tipos de movilidad urbana en los puntos 4, 5, 6, 7 y 8...	74
Figura 31. Tipo de nivel de servicio de aceras en Cartago.....	76
Figura 32. Tipo de nivel de servicio de aceras al eliminar los obstáculos peatonales en Cartago.	78
Figura 33. Cantidad de peatones en 15 minutos geográficamente referenciados en Potchefstroom.....	80
Figura 34. Porcentaje de alteraciones de condición de aceras encontradas en Cartago.	81
Figura 35. Evidencia de la condición de aceras en las aceras 110, 84 y 157 respectivamente..	82
Figura 36. Evidencia de la condición de aceras en la acera 30, 108 y 151 respectivamente..	82
Figura 37. Resultados georreferenciados de la condición de aceras por tipo en Cartago. ...	83
Figura 38. Resultados georreferenciados del índice de condición de aceras en Cartago.. ...	84
Figura 39. Tipos de condición de aceras encontradas por porcentaje en Potchefstroom.	85
Figura 40. Evidencias de condición de acera en Meyer St.....	86
Figura 41. Evidencias de condición de acera en Gerrit Dekker.....	86
Figura 42. Resultados georreferenciados de condición de aceras por tipo en Potchefstroom..	87
Figura 43. Resultados georreferenciados del índice de condición de aceras en Potchefstroom.....	88

Figura 44. Evidencia de accesibilidad en las aceras 56, 84 y 144 respectivamente.	90
Figura 45. Evidencia de accesibilidad en las aceras 151, 37 y 38 respectivamente.	90
Figura 46. Resultados georreferenciados del índice de accesibilidad en Cartago.....	91
Figura 47. Resultados georreferenciados del índice de accesibilidad en Potchefstroom.	93
Figura 48. Porcentaje de facilidad de cruce encontrados en la ciudad de Cartago.....	94
Figura 49.....	96
Figura 50. Resultados georreferenciados del índice de cruces en Cartago.	96
Figura 51. Tipos de señalización de cruce encontrados por porcentaje en Potchefstroom. .	97
Figura 52. Resultados georreferenciados del índice de cruces en Potchefstroom.....	98
Figura 53. Evidencia de techo y alumbrado en la acera 80 y 87.	100
Figura 54. Evidencia de la carencia de techo y arbolado en la acera 148 y 108 respectivamente.	100
Figura 55. Resultados georreferenciados de arbolado por longitud de copa en Cartago.. .	101
Figura 56. Resultados georreferenciados del índice de arbolado en Cartago.....	102
Figura 57. Evidencia de arbolado en la calle Steve Biko Ave norte, Molen norte y Thabo Mbeki norte respectivamente..	103
Figura 58. Resultados georreferenciados de arbolado por longitud de copa en Potchefstroom.....	104
Figura 59. Resultados georreferenciados del índice de arbolado en Potchefstroom.	105
Figura 60. Distancias entre lámparas de alumbrado por porcentaje en Cartago	107
Figura 61. Resultados georreferenciados de alumbrado peatonal en Cartago.....	108
Figura 62. Resultados georreferenciados del índice de iluminación peatonal en Cartago..	109

Figura 63. Resultados georreferenciados de alumbrado peatonal en Potchefstroom.....	112
Figura 64. Resultados georreferenciados del índice de iluminación peatonal en Potchefstroom.....	113
Figura 65. Promedio de distancia entre las aceras y los tipos de uso de suelo en Cartago..	115
Figura 66. Promedio del índice de proximidad por uso uso de tierra en Cartago..	115
Figura 67. Resultados georreferenciados del índice de proximidad a usos de tierra mixtos en Cartago..	117
Figura 68. Promedio del índice de proximidad por uso uso de tierra en Potchefstroom....	118
Figura 69. Promedio de distancia entre las aceras y los tipos de uso de suelo en Potchefstroom.....	119
Figura 70. Resultados georreferenciados del índice de proximidad a usos de tierra mixtos en Potchefstroom.....	120
Figura 71. Prioridades en la obra peatonal.....	121
Figura 72. Resultados de la encuesta de percepción de seguridad en la zona 1 y 2 de Cartago.....	122
Figura 73. Resultados de la encuesta de percepción de seguridad en la zona 3 y 4 de Cartago.....	123
Figura 74. Resultados de la encuesta de percepción de seguridad en la zona 5 y 6 de Cartago.....	124
Figura 75. Resultados georreferenciados del índice de seguridad en Cartago.....	125
Figura 76. Zona de estudio percibida como la más insegura en Potchefstroom.....	126
Figura 77. Zona de estudio percibida como la más segura en Potchefstroom.....	127
Figura 78. Resultados de la encuesta de seguridad en promedio por género en Potchefstroom.....	128
Figura 79. Resultados georreferenciados del índice de seguridad en Potchefstroom.....	129

Figura 80. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad de la calle 57.....	131
Figura 81. Evidencia del estado de caminabilidad en la acera 157.	131
Figura 82. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad de la calle 37.....	132
Figura 83. Evidencia del estado de caminabilidad en la acera 37..	133
Figura 84. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad general de la ciudad de Cartago 133	
Figura 85. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad de la calle Molen..	134
Figura 86. Evidencia de condiciones generales de la calle Molen central..	135
Figura 87. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad de la calle Thabo Mbeki norte. 135	
Figura 88. Evidencia de condiciones generales de la calle Thabo Mbeki norte.....	136
Figura 89. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad generales de la ciudad de Potchefstroom.....	137
Figura 90. Gráfico polar de comparación entre los índices de caminabilidad generales de la ciudad de Cartago y Potchefstroom.....	138
Figura 91. Resultados de la encuesta de prioridad de variables al movilizarse peatonalmente en Cartago.....	139
Figura 92. Resultados georreferenciados del índice de caminabilidad en Cartago.	140
Figura 93. Resultados de la encuesta de prioridad de variables al movilizarse peatonalmente en Potchefstroom.	141
Figura 94. Resultados georreferenciados del índice de caminabilidad en Potchefstroom.	144

Tabla de cuadros

Cuadro 1. Aspectos de ponderación para la elección de variables de caminabilidad ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 2.	Resumen de metodología, materiales y referencias metodológicas por aspectos evaluados.....	51
Cuadro 3.	Criterios para la determinación de la condición de los aspectos de accesibilidad.28	
Cuadro 4.	Variables analizadas por sección en la encuesta	30
Cuadro 5.	Tipos de deterioro estructural	32
Cuadro 6.	Criterios de ponderación para el aspecto de ancho de aceras para la ciudad de Potchefstroom.....	37
Cuadro 7.	Criterios de ponderación para el aspecto de ancho de aceras para la ciudad de Cartago. 38	
Cuadro 8.	Criterios de ponderación para el aspecto de arbolado y techo	38
Cuadro 9.	Criterios de ponderación para el aspecto de iluminación de aceras	39
Cuadro 10.	Criterios de ponderación para el aspecto de accesibilidad	40
Cuadro 11.	Criterios de ponderación para el aspecto de facilidad de cruce.	40
Cuadro 12.	Criterios de ponderación para el aspecto obstáculos peatonales.	41
Cuadro 13.	Criterios de ponderación para el aspecto de proximidad	41
Cuadro 14.	Criterios de ponderación para el aspecto de percepción de seguridad.....	42
Cuadro 15.	Criterios de ponderación para el aspecto de condición de aceras	42
Cuadro 16.	Criterios de ponderación para el aspecto de percepción de seguridad.....	43
Cuadro 17.	Niveles de servicio	45
Cuadro 18.	Resultados de las herramientas de recolección de datos.....	49
Cuadro 19.	Resultados de la elección de indicadores de caminabilidad para el diseño del índice de caminabilidad	50

Cuadro 20.	Resultados de los aforos en los 15 puntos de muestreo	71
Cuadro 21.	Resultados de luminosidad por tipo de lámpara en Potchefstroom.	111

Tabla de anexos

Anexo 1.	Ubicación de los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Cartago	154
Anexo 2.	Ubicación de los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Potchefstroom ...	155
Anexo 3.	Hoja para la toma de datos.	156
Anexo 4.	Encuesta sobre la percepción de seguridad aplicada en Cartago.....	157
Anexo 5.	Encuesta sobre la percepción de seguridad aplicada en Potchefstroom.	165
Anexo 6.	Resultados de todos los índices calculados por acera para la ciudad de Potchefstroom.	171
Anexo 7.	Resultados de todos los índices calculados por acera para la ciudad de Cartago.	173

Resumen

La carencia de alternativas adecuadas y eficientes de movilidad tienden a provocar un aumento de las emisiones de Gases Efecto Invernadero debido a la priorización en el uso del automóvil como parte de las políticas del Urbanismo Moderno. Ante este contexto la caminabilidad se está convirtiendo en la principal estrategia de los estudios de planificación urbana para crear ciudades sostenibles debido a sus beneficios ambientales, de salud y económicos. Esta se refiere a la medición de cuán satisfactorio es la infraestructura e inventario urbano para desplazarse de manera peatonal evitando así el uso de medios de transporte contaminantes. El propósito de esta investigación consiste en la evaluación de la caminabilidad en dos zonas de estudio, una en la ciudad de Cartago, Costa Rica y la otra en la ciudad de Potchefstroom, Sudáfrica, a través de la creación de un índice de caminabilidad. Se propone evaluar este índice a través de diez factores; uso mixto de suelos, flujo peatonal, ancho de aceras, accesibilidad, cantidad y distribución de arbolado y techo, condición de la infraestructura peatonal, obstáculos, iluminación peatonal, facilidad para cruzar calles y percepción de seguridad. Los resultados muestran que el índice general de caminabilidad para la zona de estudio en Potchefstroom es de 47,80 de un valor máximo de 100, el cual es categorizado como moderado y permite identificar que los mayores subíndices encontrados son, uso mixto de suelos (95,04), obstáculos peatonales (81,73), presencia de arbolado y techo (80,05) y condición de aceras (68,37). Mientras que entre los menores se encuentran, accesibilidad (28,95), ancho de aceras (28,07), facilidad de cruce (27,09), percepción de seguridad (19,30) y alumbrado peatonal (18,24).

Mientras que para la zona de estudio en Cartago se encontró que los indicadores más críticos son, arbolado y techo (26,12), facilidad de cruce (23,56), iluminación peatonal (19,75) y seguridad (31,35) mientras que de los que se encuentran en mejor condición son, uso mixto de suelos (63,60), ancho de aceras (96,01) y accesibilidad (45,47). Y en consecuencia un índice general de caminabilidad moderado de 39,01 de un total de 100.

Palabras clave: caminabilidad, movilidad urbana sostenible, índice de caminabilidad, indicadores de movilidad

Abstract

The lack of suitable and efficient mobility alternatives tends to cause an increase in greenhouse gas emissions due to the prioritization of Modern Urbanism policies in the use of cars. In this context, walkability is becoming the main strategy of urban planning studies to create sustainable cities due to their environmental, health and economic benefits. It refers to the measurement of how satisfactory the infrastructure and urban inventory is in order to move by walking, therefore avoiding the use of means of transportation that pollute the environment. The purpose of this research is to assess walkability in two study areas, one in the city of Cartago, Costa Rica and the other in the city of Potchefstroom, South Africa, through the creation of the walkability index. It proposes to evaluate the index through ten factors; land use mixture, pedestrian flow, width of sidewalks, accessibility, quantity and distribution of trees and roof, condition of pedestrian infrastructure, obstacles, pedestrian lighting, ease of crossing and perception of safety. The results show that the general walkability index for the study area in Potchefstroom is 47,80 out of a maximum value of 100, which is categorized as moderate. It also allows the identification of the highest factors, which were mixed land use (95,04), pedestrian obstacles (81,73), presence of trees (80,05) and condition of sidewalks (68,37). In contrast the lowest ones were: accessibility (28.95), width of sidewalks (28.07), pedestrian crossings (27.09), perception of safety (19.30) and pedestrian lighting (18.24).

For the study area in Cartago it was found that the most critical indicators are trees and roof (26,12), ease of crossing (23,56), pedestrian lighting (19,75) and security (31,35) while those in better condition are, land use mixture (63.60), width of sidewalks (96.01) and accessibility (45.47). Consequently, the general walkability index was 39.01 classified as moderate.

Key words: Walkability. sustainable urban mobility, walkability index, mobility indicators.

1. Introducción

El urbanismo en la modernidad se ha estructurado de manera que se prioriza los modelos de movilidad que en principio suponen un recorrido mayor en menos tiempo. Este paradigma no solo ha calado en las corrientes arquitectónicas urbanas, sino que también se ha instalado como una estructura de estilo de vida y de sociabilidad. Esto ha dado como resultado que más del 96% del transporte en el mundo utiliza derivados del petróleo como fuente de energía y genera más del 14% del total de las emisiones de Gas de Efecto Invernadero (GEI) del mundo (IPCC, 2015). La Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) (2009) proyecta un aumento de un 50% en las emisiones del transporte para el 2030 y más de un 80% para el 2050.

En Costa Rica, las emisiones GEI a causa del transporte corresponden a un 44% del total (Estado de La Nación, 2017), esto en parte porque en la Gran Área Metropolitana la movilidad se basa principalmente en transporte público (57% del total de traslados) y en automóvil privado (35%), mientras que, la movilidad peatonal y ciclística corresponden a menos del 3% del total de traslados (CGR, 2015).

Por su parte, en Sudáfrica aproximadamente el 60% de su población depende de caminar como el único medio de transporte debido a su débil sistema de transporte público (Barret, 2004). Entre tanto que, las zonas más pobladas como Johannesburgo o Ciudad del Cabo presentan un porcentaje de uso de automóvil mayor que otras ciudades más densas como Berlín o Londres (Banister, 2011).

En este contexto y con el objetivo de promover tipos de movilidad en beneficio de la mitigación de las emisiones producto del sector transporte, así como de estilos de vida más saludables, este proyecto busca diseñar una herramienta para evaluar las condiciones del entorno peatonal a través del diseño y cálculo un índice de caminabilidad. En el cual se pondera a través de distintas metodologías nacionales e internacionales los hallazgos de los indicadores de uso mixto de suelos, accesibilidad, iluminación peatonal, facilidad de cruce, condición de aceras, ancho de aceras, obstáculos peatonales y percepción de seguridad, para entender las dinámicas del entorno peatonal y dirigir más claramente las soluciones que se planteen.

Además, con el objetivo de validar el índice de caminabilidad en contextos sociales y culturales distintos, este se calculó para el casco central la ciudad de Cartago en Costa Rica y para la zona educativa de la ciudad de Potchefstroom en Sudáfrica

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Desarrollar una metodología para el cálculo un índice de caminabilidad en la ciudad de Cartago, Costa Rica y Potchefstroom, Sudáfrica.

1.1.2. Objetivos específicos

- Identificar los aspectos que influyen en la caminabilidad de una ciudad.
- Diseñar la metodología para el cálculo del índice de caminabilidad.
- Calcular el índice de caminabilidad en el casco central de la ciudad de Cartago y en el casco central de la ciudad de Potchefstroom.

2. Marco Teórico

2.1. Movilidad y transporte

El concepto de movilidad se remonta a la historia misma del ser humano ya que las actividades sociales, económicas y de supervivencia suponen un traslado desde una locación hacia otra distinta. Así lo señala Gutiérrez (2012) “la movilidad es una práctica social de desplazamiento entre lugares con el fin de concretar actividades cotidianas; involucra el desplazamiento de las personas y sus bienes, y conjuga deseos y/o necesidades de viaje”.

A raíz de la necesidad de movilizarse surge el concepto de transporte, que se refiere al “medio por el cual se realiza el desplazamiento” (Banister, 2008) y que implica tanto medio de transporte como infraestructura por la que ese medio se desplaza.

Esto quiere decir que la movilidad y el transporte comparten la unidad de estudio, pero no estudian el mismo universo de viajes. “La movilidad amplía la frontera de estudio tradicional del transporte. El transporte es necesario pero insuficiente para conocer la movilidad, pues éste no resume la mediación entre sociedad y territorio” (Gutiérrez, 2012).

Habiendo entendido esto, cabe mencionar que aun cuando los problemas relacionados al tema de la movilidad han sido constantes a través de la historia, las causas son cambiantes. Handy (2016) menciona que, durante el siglo XIX las soluciones estaban orientadas a reducir la ausencia técnica para el recorrido de distancias, mientras que en la actualidad llamada “Era de la Hipemovilidad” en donde la densidad de las ciudades aumenta cada año y las soluciones están orientadas al transporte individual, desde la oferta vehicular hasta el predominio de la infraestructura de los automotores.

Bajo esta línea, el filósofo francés Deleuze (1997) menciona que la mayoría de los problemas de la humanidad devienen de problemas conceptuales, es decir, la manera cómo se entienda un concepto determina la propuesta de soluciones y en general el abordaje de los problemas. En ese sentido, a raíz del concepto de Deleuze cabe subrayar que los problemas de movilidad devienen, entre otros factores, de la confusión de los conceptos de transporte y movilidad explicados anteriormente, entendiendo esta última como el simple hecho de un traslado de

una locación a otra, anulando así la experiencia subjetiva de las personas. Problema que subraya y deconstruye la movilidad sostenible.

2.2. La problemática del urbanismo moderno

El urbanismo es el conjunto de disciplinas que se encarga del estudio de los asentamientos humanos para su diagnóstico, comprensión e intervención (Boville et al., 2007). Esto quiere decir que muchas de las interacciones diarias de la ciudadanía están determinadas por las consideraciones del diseño del espacio por donde se transita.

Teniendo esto claro, Retana (2018) argumenta que el diseño urbano de la Modernidad se ha caracterizado por producir el cuerpo como una entidad autónoma e irreductible, es decir, cerrada al contacto, ya que, al diseñar la ciudad, a su vez se diseña al cuerpo, puesto que esta determina sus interacciones.

En ese sentido, argumenta “la ciudad moderna cierra al cuerpo en la medida en que lo aísla de la comunidad, prometiendo a cada individuo la soberanía sobre su propio organismo”. Sin embargo, cabe rescatar que esta tendencia del urbanismo como culpable de la individualización de los cuerpos, es propia de la Modernidad, puesto que en las grandes ciudades de la antigüedad como Roma o Atenas se priorizaban los lazos comunitarios y los encuentros de convivencia como el Ágora. Mientras que en las metrópolis modernas se ha encontrado al automóvil como un ícono no solo de libertad, sino de también de poder y status, haciendo a las ciudades cada vez más reacias a la conjunción y convivencia.

En este contexto, el antropólogo francés Marc Augé (2008), describe algunos espacios en la ciudad como un “no lugar”. Un no lugar es un espacio geográfico que carece de sentido de identidad, es decir, lugares que, aunque son muy frecuentados no son apropiados por sus usuarios ni son de valor histórico o sentimental, tales como las autopistas, los aeropuertos y muchos otros lugares de paso que anulan el encuentro y reconocimiento de los cuerpos, en donde su utilización es meramente instrumental.

Así, que la movilidad no solo supone un problema ambiental, sino que también un problema antropológico, y es por esto que amerita el estudio de otros tipos de movilidad y de

urbanismo. Un urbanismo que promueva la apropiación de los lugares y la convivencia con los otros de una manera integral porque como menciona Calvino (1972) “Las ciudades son lugares de trueque, como explican todos los libros de economía, pero estos trueques no lo son solo de mercancías, son también trueques de palabras, de deseos, de recuerdos e imaginarios”.

2.3. Movilidad sostenible

La movilidad sostenible se puede definir, según el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sostenible (WBCSD por sus siglas en inglés, 2004), como “la habilidad de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, tener acceso, comunicarse, comerciar y establecer relaciones sin sacrificar otros valores esenciales tanto humanos como ecológicos hoy y en el futuro”.

El Ministerio Federal para la Cooperación Económica y Desarrollo señala que “la movilidad contribuye a la calidad de vida, es una precondition para el crecimiento económico, comercio y creatividad, así como bienestar personal”. Es decir, la movilidad crea acceso a las oportunidades para el mejoramiento individual y colectivo.

Asimismo, según Moya (2018) otras de las características relevantes de la movilidad sostenible es que deben promover la equidad dentro y entre las generaciones sucesivas, debe poseer un costo accesible, operar de manera justa y eficiente, ofrecer a toda la población una buena opción para movilizarse y por tanto apoyar una economía competitiva. Adicionalmente limitan las emisiones y los residuos del transporte a la capacidad del planeta para absorberlos y promueven el uso de recursos renovables.

La movilidad sostenible se inscribe bajo el modelo llamado “Jerarquía del transporte” (Figura 1) en el cual se priorizan los diferentes modos de transporte, y por ende la inversión, proyectos y utilización del espacio público.

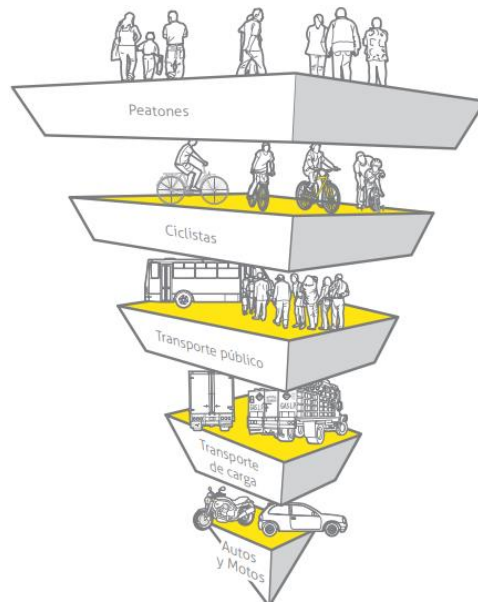


Figura 1. Jerarquía del transporte urbano en el marco de la movilidad sostenible
Fuente: (ITDP, 2011)

Esta jerarquía da prioridad a los viajes que tienen una mayor relación entre costo y beneficio en términos sociales, ambientales y económicos. A la cabeza de esta pirámide se encuentran los peatones, seguidos por los ciclistas y otros modos de movilidad no motorizados como patines, patinetas, seguido del transporte público, estos modos responden a intereses colectivos. Mientras que los vehículos privados y motos, últimos en la pirámide, corresponden a intereses de índole privada. Así mismo, un sistema de transporte sostenible debe promover la integración de diferentes modos, por ejemplo, que en un mismo viaje se facilite el caminar, utilizar la bicicleta y el transporte público (ITDP, 2011).

2.4. Walkability o Caminabilidad

Caminar es la forma más natural de movilidad del ser humano, además es la manera más sostenible de transporte, ya que contribuye a la reducción de la contaminación del aire y tiene el potencial de disminuir las tasas de enfermedades respiratorias asociadas con la contaminación del aire, al mermar la dependencia del transporte motorizado al mismo tiempo (Frank et al., 2007).

Aunado a esto, cabe mencionar que, aunque caminar sigue siendo de las formas más sencillas de movilidad, es sin duda la más importante, pues como argumenta Moayedi (2013) “cada

modo de transporte implica siempre desplazamientos a pie”. Toda travesía inicia y termina caminando. Estos recorridos no deben de tomarse a la ligera, deben ser planeados por técnicos y líderes comunales con conocimiento de los movimientos actuales de las personas y proyecciones futuras.

Bajo este panorama surge el término walkability o caminabilidad que es definida “como la medida en que las características del entorno construido y el uso del suelo pueden, o no, ser propicias para caminar”, ya sea para desarrollar actividades de ocio, ejercicio, recreación, o para acceder a los servicios, viajar o trabajar (Leslie et al., 2007). Difiere del simple hecho de caminar pues esta última es una actividad, mientras que la caminabilidad es una medida. La caminabilidad está influenciada por factores como la presencia o ausencia de aceras de calidad, pasos peatonales, tráfico, obstáculos, seguridad, luminosidad, cercanía de variedad de servicios básicos, sombra, pendiente, entre otras (Moayedi et al., 2013). Entonces mediante esta se pretende asegurar que, a través de la movilidad peatonal, los ciudadanos pueden apreciar la importancia y la necesidad de compartir y habitar el espacio público en el entorno urbano (Díaz et al., 2017).

2.5. Beneficios de la caminabilidad

Entre los múltiples beneficios de las zonas caminables se encuentra que dichos lugares influyen directamente en la actividad física de los niños, adolescentes y adultos, disminuyendo así problemas asociados con el sedentarismo (Duncan et al., 2011), en especial con población que depende más de los vecindarios locales como lo son los niños y personas de la tercera edad (Berke et al., 2007). Aunado a esto, con entornos caminables adecuados, se apropian los espacios públicos y se disminuye la individualización de los sujetos, mejorando así la participación en el quehacer ciudadano y se mejora el diálogo entre personas.

Además, en el plano económico, la caminabilidad tiene un impacto significativo en los valores de propiedad junto a otras repercusiones positivas de origen económico y social. Los estudios demuestran que los propietarios de las tierras permanecen en los lugares que les permiten acceder fácilmente a una gran variedad de destinos urbanos caminando o por otros medios. Las ventajas intrínsecas de las ciudades giran en torno a la variedad de opciones de

consumo y experiencias que ofrecen, la relativa facilidad de acceder a esas opciones, y la oportunidad de descubrir nuevos productos, servicios y experiencias (Ministerio de Desarrollo Humano, s.f).

Por su parte, en el plano ambiental, una zona o ciudad caminable reduce considerablemente las emisiones de gases contaminantes tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, lo cual a su vez mejora el plano de salud y económico. Por último, se disminuye también la cantidad de tiempo invertido en trasladarse, aumentando así el disponible para la productividad y el ocio de las personas. Esto, a la larga repercute en una mejora de la competitividad del país o ciudad, así como en la calidad de vida de las personas (CAF, 2011).

2.6. Índice de caminabilidad y análisis de estudios previos

El índice de caminabilidad es la ponderación matemática que obedece al análisis, recolección de datos y desarrollo de metodología entorno a variables que influyen en la caminabilidad de una zona en específico (Neto, 2015).

Por lo general, un alto valor del índice de caminabilidad en una zona específica de la ciudad significa que las personas se sienten estimuladas para transitar a pie a través de sus calles. Por el contrario, un valor bajo de índice de caminabilidad significa que los ciudadanos, muy a menudo, utilizan otros tipos de movilidad para moverse por la ciudad (Díaz et al., 2017).

En las ciudades latinoamericanas, principalmente se han llevado a cabo dos estudios. El primero consiste en la elaboración de Índice Sintético de Caminabilidad en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, en el cual se identifican categorías que agrupan múltiples parámetros de caminabilidad y los cuales son ponderados. Además, los resultados se representan en promedios. Dentro de los puntos negativos que tiene el estudio es que la ponderación de los parámetros es subjetiva. Asimismo, los resultados se representan a nivel de toda la calle, y no solamente de la acera. Además, no se realiza levantamiento de datos en campo (Secretaría de Planeamiento, 2014).

El segundo consiste, en el Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Barrial, Santiago de Querétaro, México, donde se evalúa la caminabilidad en ambos lados de una calle y en los cruces. Además, se presenta los resultados en una escala del 0 al 100. Sin embargo, la ponderación de los parámetros es subjetiva y además plantea un análisis un poco sesgado en tanto que evalúa solo los recorridos peatonales a determinados establecimientos (Esquivel et al., 2013).

Por su parte, en Índice de Caminabilidad aplicado en la Almendra Central de Madrid, España, los datos extraídos son de fuentes oficiales y sus resultados son normalizados matemáticamente. Además, presenta fórmulas individuales para estimar cada parámetro, y posteriormente los interrelaciona en una sola ecuación (Fontán, 2012).

En otro estudio europeo encontrado, se presenta el cálculo del Índice de Caminabilidad en la Planificación Urbana, Olomouc, República Checa, donde emplean sistemas de información geográfica como herramienta para la interacción de los parámetros en un algoritmo para el análisis de la caminabilidad. Sin embargo, es un procedimiento un poco simplificado, pues sólo considera cuatro parámetros: conectividad, uso del suelo, superficie del suelo y densidad residencial. Los resultados se representan en grandes manchas sobre los distintos sectores, y no a nivel de la calle. Además, la ponderación realizada es totalmente subjetiva y no se realiza algún levantamiento de datos en campo (Dobesova, 2012).

Por otro lado, se realizó un estudio donde se midió la caminabilidad en Nueva York, Estados Unidos, donde este utilizó un sistema de información geográfica en el cual se ponderan seis aspectos: densidad, diversidad, conectividad, proximidad, compatibilidad medioambiental y densidad comercial de las aceras (Agampatian, 2014).

2.7. Situación mundial

De acuerdo con la Organización de la Naciones Unidas (United Nations) “para el 2014 el 54% de la población mundial vivía en ciudades, mientras que para el año 2050 se proyecta que el 66% de los asentamientos humanos sean urbanos” (2014).

Si a esto se le suma que las ciudades son responsables del 75% de las emisiones de CO₂ globales (UNEP-DTIE, 2012), significa que a medida que la densidad poblacional aumenta en las ciudades bajo el paradigma actual de transporte y movilidad, las emisiones se disparan con el tiempo. Lo que significa su vez, un aumento en el impacto del cambio climático. El IPCC señala que las últimas décadas han sido sucesivamente más calientes la una que la otra, se han observado con mayor frecuencia tanto olas de calor como huracanes, los patrones de precipitación están cambiando y con esto los animales modifican su distribución geográfica, entre otras consecuencias (IPCC, 2015).

Además, se señala que bajo el paradigma actual de movilidad entre el 2012 y el 2035 el número de carros será el doble pasando de 900 millones a aproximadamente 1,7 mil millones. Y tomando en cuenta que el tráfico hoy en día aporta más de un cuarto de las emisiones de gases de efecto invernadero globales -un número que ya de por sí está creciendo drásticamente- el panorama a nivel ambiental parece estar comprometido (IEA, 2015).

Esto tiene repercusiones como la disminución de la velocidad promedio en las calles debido a los embotellamientos cada vez más comunes en las urbes. Por ejemplo, en Sao Paulo, Brasil, los congestionamientos viales llegan hasta los 300 kilómetros en días pico (BWZE, 2016).

Los automotores contribuyeron en el 2015 al consumo global de energías en un 28% y se estima que para el 2050 el consumo de energía por parte de este sector va a incrementarse globalmente en aproximadamente un 70% (IEA, 2015).

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés) señala que desde 1975 la obesidad se ha casi triplicado en todo el mundo, fechas que coinciden con el inicio de la “Era de la Hipemovilidad”. Además, señala que en el 2016 más de 1900 millones de adultos de 18 o más años tenían sobrepeso, de los cuales, más de 650 millones eran obesos, así como 340 millones de niños y adolescentes (de 5 a 19 años) (2017).

Asimismo, esta organización (WHO) señala que las causas de la obesidad a nivel mundial podrían describirse por dos factores. Uno que corresponde a los cambios en los hábitos alimenticios, específicamente por el aumento en la ingesta de alimentos de alto contenido

calórico que son ricos en grasa y, por otra parte, por un descenso en la actividad física debido a la naturaleza cada vez más sedentaria de muchas formas de trabajo, los nuevos modos de transporte y la creciente urbanización (2017).

2.8. Situación de Costa Rica

Según el Programa de Movilidad Urbana Sostenible de San José (2017), el sector transporte es el responsable del 44% del total de emisiones de GEI a nivel nacional. De las cuales el 41% de ellas corresponden al transporte privado (MINAE, 2015).

El Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) (2015) señala un aumento exponencial en el uso de vehículos en el país, pasando de 132 vehículos por cada 1000 habitantes en 1994 a 263 por cada 1000 habitantes en el 2014. Señala además que para el 2015 la edad promedio de la flota vehicular del país fue de 16 años.

La Contraloría General de la República (CGR, 2015), señala que en cuanto al ámbito de transporte utilizado en la Gran Área Metropolitana (GAM) el mayor porcentaje de uso es de autobuses es representado por un 57,2%, bicicleta 0,7%, taxi 2,6%, carro un 35,7% mientras que caminando y con otros medios de transporte tan solo un 2,8%.

Como se mencionó anteriormente, la seguridad es uno de los factores que más influyen en la caminabilidad de las ciudades y zonas. Por su parte, el Organismo de Investigación Judicial (OIJ) señala que en el año 2013 cada 39 minutos asaltaban a una persona (Gutiérrez, 2015).

2.9. Situación en Cartago

Cartago conforma una de las 7 provincias de Costa Rica y su capital de cantón lleva su homónimo. Se encuentra localizada en el Valle del Guarco, en la región central de Costa Rica. Geográficamente está a una altitud de 1435 m sobre el nivel del mar, en las faldas del Volcán Irazú, a 24 km al sureste de la ciudad de San José. Aunado a esto Cartago presenta dos usos de tierra principales; educativo y comercial (Municipalidad de Cartago, 2018).

El cantón Central de Cartago presenta una superficie de 287,80 km² con una población total de 147 898 de habitantes. El casco urbano central de la ciudad está dividido en tres distritos:

distrito Oriental, de 2,39 km², el distrito Occidental, de 1,99 km² y la parte sur del distrito de El Carmen con 4,35 km² (2011). Cuenta con 26 calles y 22 avenidas comprendidas entre el Cementerio General y la Basílica de Nuestra Señora de los Ángeles en sentido este-oeste y desde el Museo Municipal hasta el Plantel Municipal en sentido norte-sur, para un casco histórico de 10 km² (INEC, 2011).

En Cartago no se han llevado a cabo estudios previos de caminabilidad, sin embargo, se ha evaluado la cantidad de peatones que circulan por la ciclovía. Según la Municipalidad de Cartago (2018) se llevaron a cabo cinco estudios sobre la movilidad en las ciclovías. Todos desde diciembre hasta enero en los años desde el 2013 hasta el 2018. En los resultados se encontró que para los meses de diciembre a enero en el 2018 la ciclovía tuvo un total de 71144 usuarios en bicicleta, 13 493 usuarios en patineta y un total de 11 9421 peatones, de los cuales, 33 890 la utilizaron para correr y 85 531 para caminar (Municipalidad de Cartago, 2018).

Por otro lado, el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible realizó conteos vehiculares en el casco central de Cartago en el que determinó un índice de integración de las calles representado en la figura 2, el cual se define como una medida de qué tan accesible es un elemento de una red con respecto al resto de las partes de esa misma red. Se estableció una correlación entre la integración vial y el flujo vehicular. Lo cual quiere decir que entre más accesos tiene una vía más congestión vehicular presenta (ProDUS, 2017).

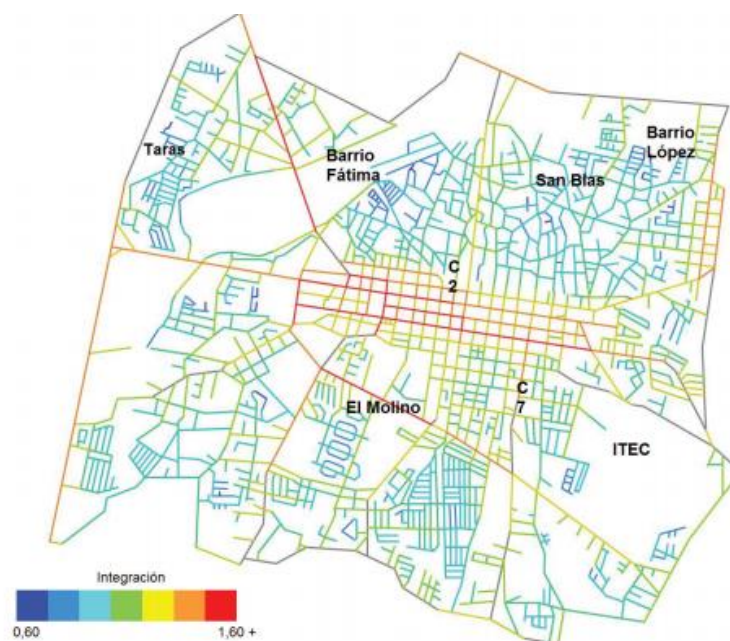


Figura 2. Índice de Integración Cartago. Fuente: (ProDUS, 2017)

2.10. Situación en Sudáfrica

Según el Fondo Monetario Internacional (2017) Sudáfrica se encuentra entre los 30 países del mundo con mayores ingresos totales. Sin embargo, cabe destacar que la riqueza en éste se encuentra concentrada en un sector limitado de la población puesto que es el país más desigual del mundo, con niveles de pobreza muy altos, donde el 55% de su población vive bajo la línea de pobreza.

Se reporta que, en este país, debido a la desigualdad y a la existencia de un sistema débil de transporte público, el 60% de su población depende de caminar como único medio de transporte (Barret, 2004).

La figura 3 presenta la relación entre la densidad urbana y el uso de automóvil donde se observa el mayor porcentaje de uso de automóvil que otras ciudades más densas como Berlín o Londres. Este es el resultado del ineficiente sistema de transporte público y a la falta de impulso de movilidad sostenible. Asimismo, cabe resaltar que las emisiones de dióxido de carbono de Ciudad del Cabo son mayores a otras ciudades tales como Barcelona, Londres o Seúl (Banister, 2011).

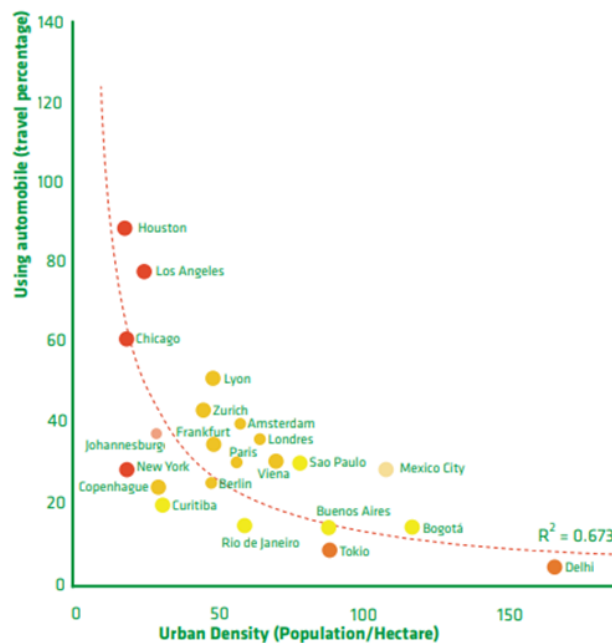


Figura 3. Relación entre la densidad urbana y el uso del automóvil por ciudad
Fuente: (Banister, 2011).

Sudáfrica se encuentra entre los primeros 15 países del mundo con mayores emisiones de CO₂. Para el 2017, se reportaron 467 654 kilotoneladas de dióxido de carbono. Sin embargo, de este, solo el 12,05% corresponde al emitido por el sector transporte. (World Bank, 2018)

2.11. Situación en Potchefstroom

La ciudad de Potchefstroom está localizada en la provincia North-West y pertenece al municipio de J.B. Marks. Potchefstroom es una ciudad predominantemente residencial y académica, en la cual se encuentra la Universidad de North-West (NWU), la cual es una de las universidades más grandes a lo largo de Sudáfrica y cuenta con una población estudiantil de 73 414 estudiantes (NWU, 2016).

Asimismo, la ciudad está localizada 120 km suroeste de la capital administrativa, Pretoria y su población es de 148 804. (S.A. Government, 2013).

Además, el Instituto de Tecnología de Wessex en el año 2007 realizó un estudio de movilidad en esta ciudad donde se evaluaron aspectos tales como: la forma espacial de la ciudad, los parqueos, las vías peatonales, las vías ciclistas, el transporte público, la accesibilidad, las vías de automóviles y alojamiento. Entre los resultados se encontró que la forma espacial de la

ciudad es fragmentada y no compacta, los parqueos no concuerdan con la cantidad de usuarios, además de pocas zonas para carga y descarga de productos a lo largo de la ciudad. Asimismo, se encontró que la infraestructura ciclista no está correctamente delimitada y existen muy pocas facilidades. No existe transporte público ni dentro de la ciudad ni en la universidad. Además, las condiciones de las vías para automóviles están en buen estado, pero en algunos lugares la doble vía es ineficiente.

3. Metodología

La metodología de la investigación está basada en cuatro ejes principales. El primer eje consiste en la investigación teórica acerca de los aspectos de evaluación del índice de caminabilidad. El segundo considera la toma de datos en las dos ciudades en estudio. El tercer eje evalúa y pondera los aspectos del primer eje de investigación y el cuarto eje consiste en el diseño del índice de caminabilidad a partir de la evaluación de los aspectos del segundo y tercer eje de investigación.

Cabe destacar que, si bien existen distintos índices de caminabilidad con diferentes procedimientos y metodologías, en esta investigación se basó en el estudio nacional Guía de Inventario y Evaluación de aceras (PITRA, 2017). Sin embargo, como solo se encuentra enfocado en condición de aceras y no evalúa la caminabilidad de las ciudades, se le añadieron otras metodologías de estudios previos internacionales explicados en esta sección, así como propuestas propias de esta investigación.

3.1. Sitios de Estudio

La estimación del índice de caminabilidad propuesto se aplicó en una zona de estudio en la ciudad de Potchefstroom en Sudáfrica, así como en la ciudad de Cartago en Costa Rica. Esto con el objetivo de validar la metodología en dos sitios con contextos sociales, económicos y culturales distintos.

3.1.1. Sitio de estudio en Potchefstroom

La zona de estudio se encuentra en los alrededores del sector de Die Bult y corresponde al área urbana cerca del campus de la Universidad de North-West (ver Figura 4). Presenta un área total de 995,72 m² con un total de perímetro de aceras evaluado de 15,4 km y su mayor uso de tierra es de tipo residencial, educativo y comercial. Además, está constituida por 22 cuadras de tipo rectangular de 260 m de largo por 170 m de ancho y contiene 14 calles de las cuales 2 son autopistas nacionales.

Cabe destacar que, aunque Potchefstroom sea una ciudad principalmente académica, dentro de sus principales actividades económicas se encuentra la industria de metales, comida y

procesos químicos (J. Terblanche, comunicación personal, 22 de setiembre 2018). En la ciudad se presentan dos estaciones climáticas principales, el invierno, de abril a octubre, el cual es seco y las temperaturas rondan los 12°C. Y la estación de verano, de noviembre a marzo, en la cual se presentan precipitaciones de 38 mm en promedio y las temperaturas rondan los 29°C (South African Weather Service, 2019).

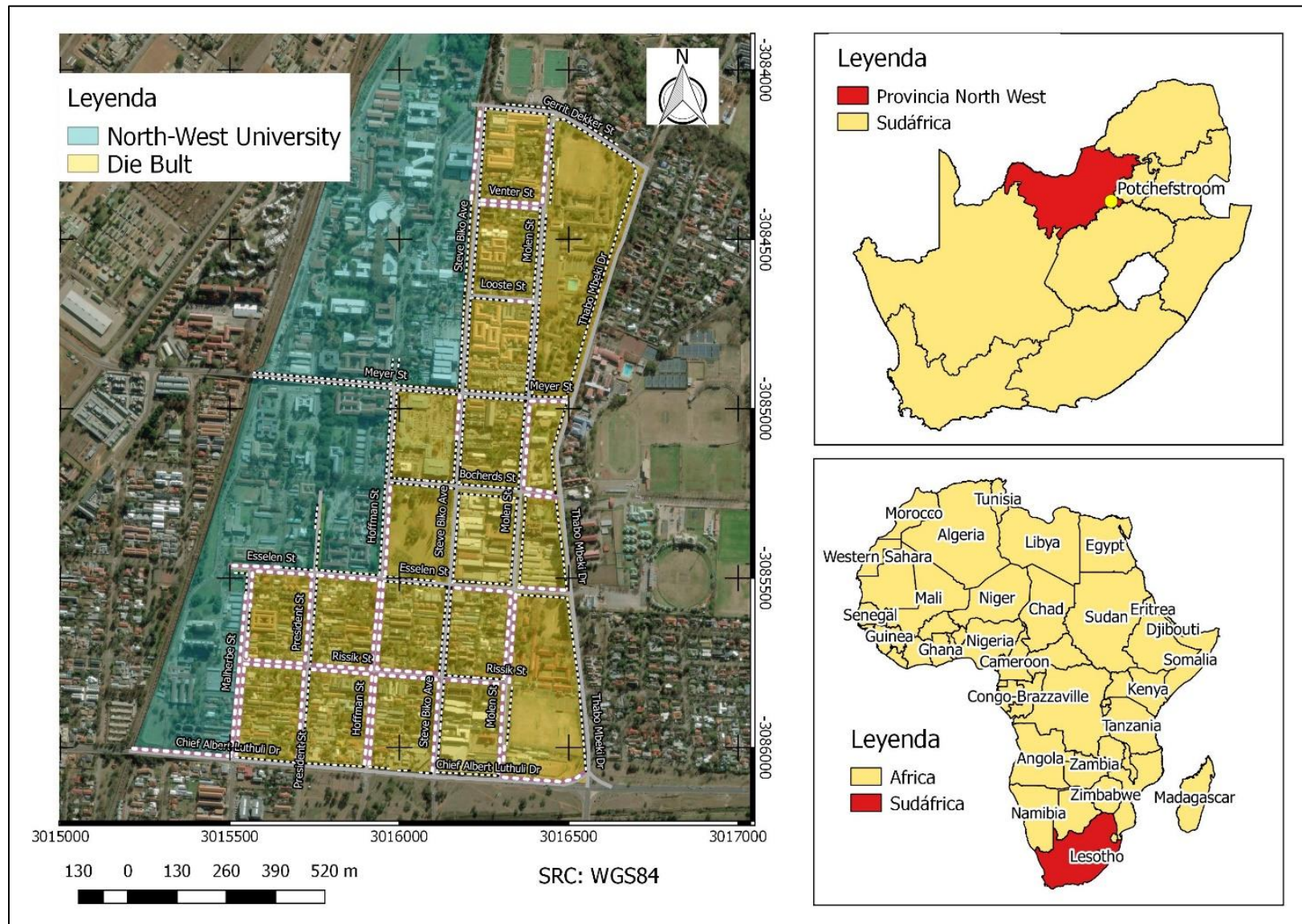


Figura 4. Mapa de la zona de estudio en Potchefstroom.

3.1.2. Sitio de estudio en Cartago

Como se muestra en la figura 5 el área corresponde desde el sector de la Iglesia María Auxiliadora hasta el sector de La Basílica de Los Ángeles.

La zona de estudio comprende 418,40 m² con un perímetro de aceras evaluado de 14,36 km. Dentro de esta se concentra la mayor parte de los comercios, el ayuntamiento, las Ruinas de Santiago Apóstol, el Palacio Municipal, el Anfiteatro de Cartago, los Tribunales de Justicia, entre otros. Además, está próximo a los lugares más concurridos de la ciudad como lo son la Basílica de Nuestra Señora de los Ángeles, el Colegio de San Luis Gonzaga el cual es, por su antigüedad, la primera institución de enseñanza secundaria del país. Además, se encuentra próximo el Museo de Cartago, el Mercado Central y el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Su principal uso de tierra es comercial y educativo. Según el plan regulador de la Municipalidad, dentro de la zona de estudio se encuentran zonas de Uso Público Institucional, zonas de uso Recreativo y Deportivo, zonas de Uso Mixto y zonas Residenciales de Media Densidad (Municipalidad de Cartago, 2018). El área en estudio está constituida por 17 calles y 40 cuadras en su mayoría de tipo rectangular de 80 m de ancho y 100 m de largo. La zona se encuentra a una altitud de 1435 metros sobre el nivel del mar y presenta un clima tropical húmedo con características templadas. Además, las lluvias se caracterizan por ser moderadas y las temperaturas frescas, que en la mayor parte del año varían entre 15 y 26 grados Celsius (TEC, 2017).



Figura 5. Mapa de la zona de estudio en Cartago.

3.2. Selección de aspectos a evaluar

Los aspectos de caminabilidad son las características del entorno urbano que promueven o desincentivan la movilidad peatonal.

Para la selección de los aspectos o indicadores que hacen de una ciudad, una ciudad caminable, se realizaron entrevistas a dos expertos en Sudáfrica y Costa Rica, además, se asistió a una conferencia sobre planeación urbanística en la Universidad de North-West y se revisaron estudios previos tal y como se muestra en la figura 6.

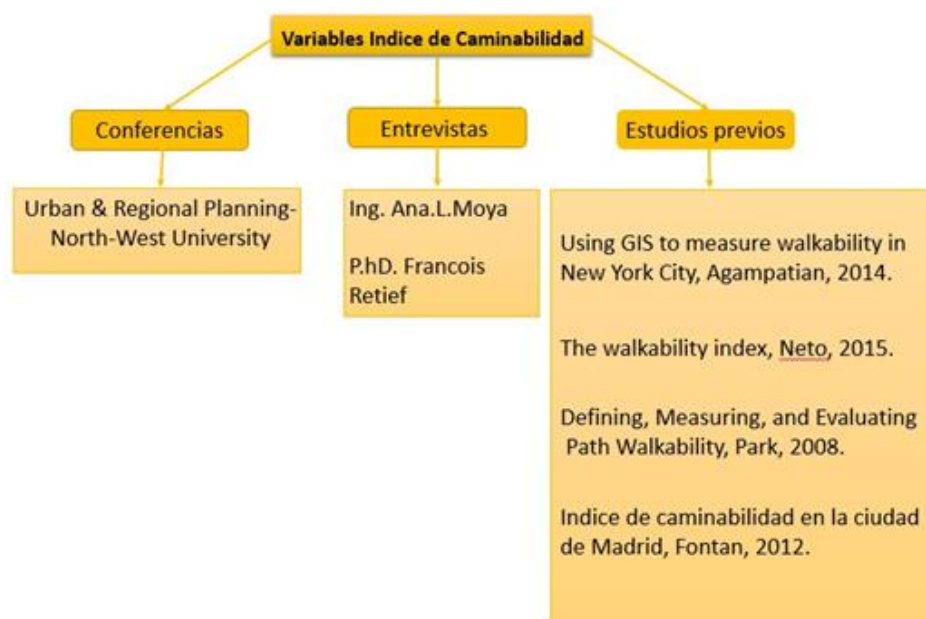


Figura 6. Esquema metodológico para la elección de los aspectos a evaluar.

Una vez obtenidos todos los aspectos potenciales a evaluar, se clasificaron de acuerdo a los criterios del cuadro 1 y se filtraron acorde a su ponderación. La ponderación mínima acordaba para la elección de un aspecto fue de 50, debido a que cumple los criterios de viabilidad metodológica y de relevancia en estudios previos. (Universidad Simón Bolívar, 2015)

Cuadro 1. Aspectos de priorización para la elección de variables de caminabilidad.

Aspecto de priorización	Valor
Viabilidad en el tiempo	15
Viabilidad de instrumentación y presupuesto	15
Relevancia metodológica de contexto	15
Se mencionan en solo 1 de las 3 herramientas de recolección de datos	5
Se mencionan en 2 de las 3 herramientas de recolección de datos	10
Se mencionan en las 3 herramientas de recolección de datos	20

3.3. Recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante: datos de campo, datos mediante sistemas de información geográfica, aforos o conteos de peatones, ciclistas y vehículos, y realización de encuestas.

3.3.1. Ancho de aceras

Para la recolección de datos del ancho de aceras se realizó una medición de su ancho total, así como de ancho libre, tal y como se muestra en la figura 7, en donde la letra A corresponde al espacio muerto compuesto por el cordón de la acera y demás infraestructura urbana tal como señales de tránsito, iluminación, arbolado, etc. La letra B representa el ancho libre de la acera y la letra C representa el ancho total (PITRA, 2017).

Una vez tomadas las mediciones se referenciaron las aceras con un GPS Garmin 64s para la ciudad de Cartago y un GPS Garmin ETREX20 para la ciudad de Potchefstroom. Además,

se hicieron apuntes sobre el tipo de material de las aceras entre pavimentos, adoquines o losetas.

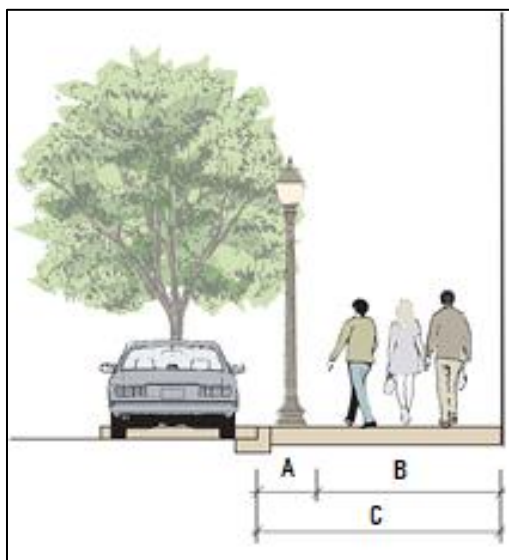


Figura 7. Ejemplo de ancho muerto de acera (A), ancho libre de acera (B) y ancho total de acera (C)

3.3.2. Presencia de arbolado y zonas techadas

Para la recolección de información sobre la presencia de arbolado, en primera instancia se georreferenciaron con GPS los árboles que cumplían con los siguientes criterios establecidos por la Guía de diseño y construcción del espacio público:

- Presenta una altura mayor a 2 m.
- Se encuentra a una distancia menor de 5 m de la acera.
- Su copa se extiende al área de la acera.
- Si se encuentra dentro del ancho total de acera deja un ancho libre mínimo establecido por el reglamento (1,6 m en Costa Rica y 2 m si es acera primaria o 1,5 m si es acera secundaria en Sudáfrica).

Una vez referenciados se procedió a la medición del largo de copa relacionada con el área de la acera para cada árbol con una cinta métrica, tal y como se plantea en el Índice de caminabilidad en la ciudad de Madrid (Fontán, 2012).

Para las zonas techadas, se procedió a referenciar geográficamente los tramos techados, así como el porcentaje de tramo de acera cubierto.

3.3.3. Iluminación peatonal

Para la toma de información sobre la iluminación peatonal, primero, se georreferenciaron con GPS todos los postes de alumbrado a lo largo de las zonas de estudio de las dos ciudades. Tal y como se muestra en la figura 8, se realizaron tomas de luminosidad en lux con un luxómetro en tres puntos de acuerdo al Diseño e Implementación de un Sistema de Medición y Análisis de Luminancia para Vías (Vargas, 2014). Cabe resaltar que las mediciones se realizaron entre las 7:00p.m. a las 8:00p.m en el mes de octubre para la ciudad de Potchefstroom y en febrero para la ciudad de Cartago

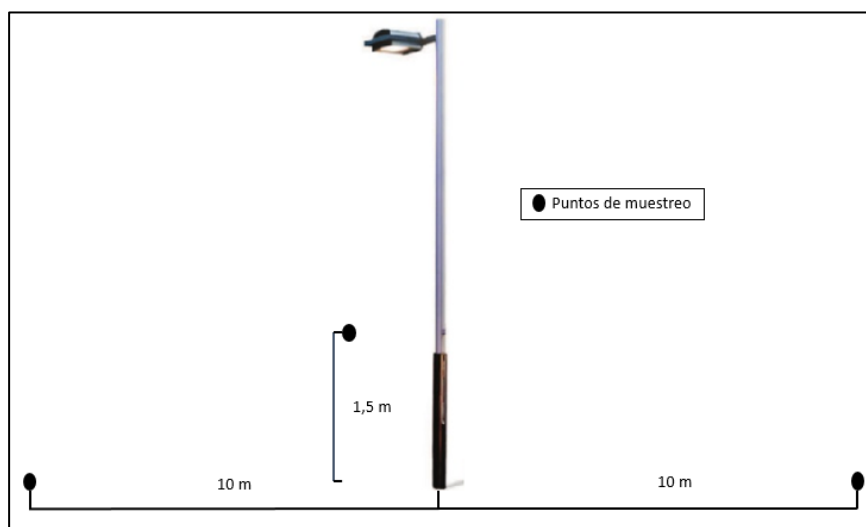


Figura 8. Puntos de muestreo de luminosidad.

3.3.4. Accesibilidad

Para la recolección de datos sobre la accesibilidad de la infraestructura peatonal se referenciaron con GPS todas las rampas y los indicadores táctiles para no videntes a lo largo de las dos ciudades. Además, se evaluaron las rampas y losas podotáctiles bajo los criterios del cuadro 2, según la Guía para el Diseño y Construcción del Espacio Público (CFIA, 2013).

Cuadro 2. Criterios para la determinación de la condición de los aspectos de accesibilidad.

Aspecto de accesibilidad	Condición	Criterios
Rampas	Buen estado	Se encuentran fuera de la curva de la intersección
		Presentan un ancho mínimo de 1,2 m
		No presenta escalonamiento, sedimentos, huecos, bacheo o desnudamiento
	Mal estado	Existe pero no cumple con los criterios anteriores
Indicadores táctiles para no videntes	Continuo	Los indicadores abarcan todo el tramo de acera de esquina a esquina
	Discontinuo	Los indicadores abarcan solo un trecho del tramo de acera

3.3.5. Facilidad de cruce

Para la recolección de datos sobre la facilidad de cruce se referenciaron geográficamente mediante un GPS en todas las esquinas de todas las cuadras los siguientes tipos de ayuda de circulación peatonal:

- Pasos peatonales
- Semáforos
- Reductores de velocidad

3.3.6. Obstáculos peatonales

Se referenciaron geográficamente mediante un GPS todos los obstáculos peatonales potenciales de las dos ciudades, entendiendo el obstáculo peatonal potencial como un objeto que se encuentra dentro del área de la acera que puede obstaculizar, atrasar o disminuir el flujo de peatones por un tramo peatonal por ejemplo un árbol ubicado dentro del ancho

mínimo de aceras (Valenzuela, 2015). Además, se clasificaron por tipo y se realizaron mediciones del espacio ocupado dentro de la acera.

Existen dos tipos de medición de espacio ocupado por obstáculos, el representado en la figura 9 con la letra A, que es simplemente el espacio físico ocupado por el objeto y el representado en la letra B que se refiere al espacio muerto, y está comprendido por el espacio físico ocupado por el objeto, pero también por el espacio libre que relega sin ningún tipo de uso u oportunidad de paso (Valenzuela, 2015).



Figura 9. Tipos de medición de obstáculos.

3.3.7. Proximidad

Se determinó la proximidad de cada una de las aceras a todos los diferentes tipos de uso de suelo o actividad contemplados en la metodología Guía de Inventario y Evaluación de Aceras, los cuales son: centros de salud, áreas recreativas, comercio, residenciales, gubernamental e instituciones educativas (PITRA, 2017). Se determinaron las distancias mediante el software de sistemas de información geográfica QGIS 2.18.12 usando la herramienta de Matriz de distancias. Los sistemas de coordenadas para la ciudad de Cartago y Potchefstroom fueron CRTM05 y WGS84 respectivamente.

3.3.8. Percepción de seguridad

Se determinó que existen dos maneras de recolectar información sobre seguridad en espacios públicos. Uno es mediante encuestas de percepción y la otra es mediante la información registrada por los entes de seguridad sobre de sucesos criminales entro del área de estudio. Esta segunda metodología mencionada se descartó debido a que en ambos países en estudio no se registran sucesos criminales con precisión geográfica.

Se procedió a realizar una encuesta con preguntas abiertas y cerradas, en idioma español e inglés para personas que utilizan la infraestructura peatonal de las dos zonas de estudio, las cuales se encuentran en el anexo 4 y 5.

La encuesta se montó en un formulario de Google y se difundió por medios digitales entre el 24 de octubre y el 29 de noviembre del 2018 para la ciudad de Potchefstroom mientras que para la ciudad de Cartago entre 10 de marzo y el 12 de abril. Se contó con el apoyo tanto de la universidad del North-West como del Tecnológico de Costa Rica para su difusión.

Asimismo, la encuesta se dividió en 4 secciones explicadas en el cuadro 3.

Cuadro 3. Variables analizadas por sección en la encuesta

Sección	Variables analizadas
Generalidades	Género: pregunta cerrada por lo que no se hicieron correcciones Edad: Elección de rangos de edad, pregunta cerrada por lo que no se hicieron correcciones
Percepción de seguridad por zonas	Potchefstroom: Se dividió la ciudad en 4 zonas de acuerdo a sus usos de suelo. Se evaluó la seguridad mediante preguntas cerradas tanto de día como de noche con 3 opciones de respuesta: Segura, Moderadamente segura e Insegura. Cartago: Se dividió la ciudad en 6 zonas de acuerdo a sus usos de suelo Se evaluó la seguridad mediante preguntas cerradas tanto de día como de noche con 3 opciones de respuesta: Segura, Moderadamente segura e Insegura.
Lugares particularmente peligrosos	Se realizó mediante una pregunta abierta no obligatoria

Preferencia de aspectos de caminabilidad	<p>Se evaluaron los aspectos de caminabilidad que las personas toman más en consideración a la hora de elegir una ruta, mediante una pregunta cerrada y obligatoria. Los aspectos evaluados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> Rutas con sombra para protegerse del sol Rutas con aceras en buena condición Rutas con un buen ancho de acera Rutas con pocos obstáculos en las aceras Rutas seguras Rutas bien iluminadas por las noches Rutas accesibles para personas con alguna discapacidad Rutas con facilidad para cruzar la calle (con semáforos o pasos peatonales) Rutas más cercanas a su destino
------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Además, se diseñó un sistema de muestreo aleatorio simple considerando una población de 148 804 habitantes para la ciudad de Potchefstroom (S.A. Government, 2013). Y una población de 147 898 para la ciudad de Cartago (INEC, 2011).

Como se conoce el tamaño total de la población, se determinó el tamaño de la muestra, con un 95% de confianza, mediante la siguiente fórmula (Do Nascimento & Magalhaes, 2003):

$$n_{MAS} = \frac{V_x^2}{\frac{k_r^2}{1,96^2} + \frac{1}{N} V_x^2}$$

Dónde:

- > n_{MAS} : tamaño de la muestra requerida.
- > V_x : varianza relativa poblacional
- > k_r : error relativo máximo aceptable
- > N : tamaño de la población









Para la muestra en Cartago se consideró un 5% como máximo error relativo, mientras que para Potchefstroom se consideró un 10% como máximo error relativo, por tratarse de una estadía reducida en el lugar de estudio. Además, se consideró una varianza relativa poblacional de 50%. Vale la pena aclarar que este último dato se desconoce, pero al elegir una varianza relativa poblacional de 50% se pretende tener en cuenta un factor de seguridad en el tamaño de la muestra, de tal manera que se anticipe una posible heterogeneidad en los datos (Do Nascimento & Magalhaes, 2003).

Así se obtuvo un tamaño de muestra deseado de 98 habitantes para la ciudad de Potchefstroom y de 383 para la ciudad de Cartago. Para la ciudad de Potchefstroom se obtuvieron 105 respuestas y para la ciudad de Cartago, un total de 386 respuestas.

3.3.9. Condición de aceras.

Para la toma de datos sobre la condición de aceras se utilizó la metodología propuesta por el Programa de Infraestructura de Transporte sobre la Guía y el Inventario de Evaluación de Aceras. Por lo que se verificó la presencia de 10 anomalías en la vía, las cuales se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Tipos de deterioro estructural

Condición	Ejemplo de evidencias encontradas	Condición	Ejemplo de evidencias encontradas
Sedimentos		Desnudamiento	
Grietas y Huecos		Separación y falta de adoquines	
Escalonamiento		Depresiones	
Bacheo		Confinamiento	

3.3.10. Flujo de peatones

Para la determinación del flujo peatonal se siguió la metodología del Highway Capacity Manual, por lo que se contabilizó la cantidad de personas que transitan una determinada distancia en un lapso de 15 minutos en el momento de más tránsito del día y se dividió por el ancho de acera en estudio (Transportation Research Board, 2000). Tal y como se muestra a continuación:

$$Flujo\ peatonal = \frac{No. Peatones}{15\ min * Ancho\ (m)} \quad (Ec. 1)$$

3.3.10.1. Pre-aforos para la elección de hora pico

Tanto en la ciudad de Cartago como en la ciudad de Potchefstroom se realizó un pre aforo para identificar la hora pico del día con la cual posteriormente se realizaron los diferentes aforos de 15 minutos en diferentes puntos de la ciudad.

Para esto se seleccionaron los rangos de tiempo de 15 minutos en los tres momentos del día con más tránsito peatonal, estos son, de 7:30am -7:45am, de 12:30pm-12:45pm y de 4:15pm -4:30pm. Pues en ambos países la jornada laboral usual corresponde de 8:00am- 4:00pm. Los puntos se presentan en el anexo 1 para la ciudad de Cartago y en el anexo 2 para la ciudad de Potchefstroom. Estos fueron elegidos debido a que son puntos de la ciudad con una actividad comercial densa, existen más centros educativos y en donde se encuentran mayor cantidad de paradas de buses dentro de las zonas de estudio.

Algunas consideraciones metodológicas son:

- Debido a que el objetivo de esta investigación no es propiamente determinar los niveles de servicio de la ciudad, sino analizar la influencia de los obstáculos y el ancho en los flujos peatones, los aforos se llevaron a cabo solamente los días lunes, asumiendo este como día pico.
- Se realizó solamente una repetición para cada punto por razones de tiempo, pues al tratarse de zonas de estudio tan amplias, cada repetición implica 16 días de conteo, es decir, un día por punto.

Las figuras 10 y 11 ilustran los resultados de los pre-aforos obtenidos. Para la ciudad de Cartago los tres puntos de aforo elegidos presentan una mayor cantidad de peatones en el periodo de 12:30pm-12:45pm por lo que se procedió a realizar los aforos de esta ciudad en este periodo de medio día.

Mientras que para la ciudad de Potchefstroom se presentó en los tres puntos de aforo una mayor cantidad de peatones en el periodo de 7:30am-7:45am. Por lo que se procedió a realizar los aforos de esta ciudad en este periodo de la mañana.

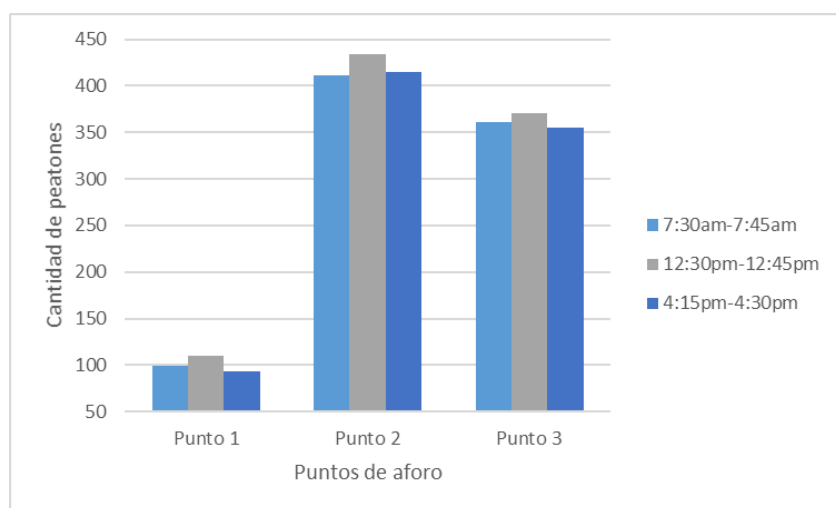


Figura 10. Cantidad de peatones en los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Cartago

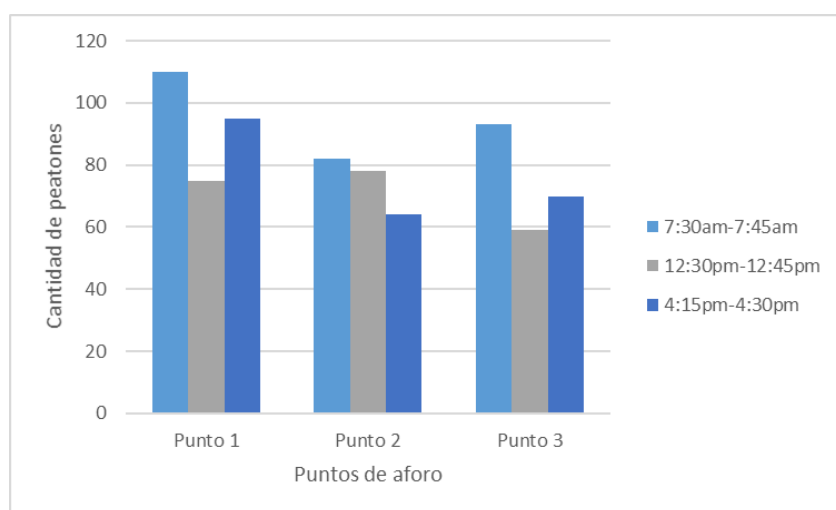


Figura 11. Cantidad de peatones en los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Potchefstroom

3.3.10.2. Aforos peatonales

Una vez elegido el horario pico, se procedió a realizar los conteos de peatones. Para la ciudad de Potchefstroom se realizaron los aforos para cada una de las aceras con una repetición. Estos aforos se realizaron los lunes en el horario explicado anteriormente, sin embargo, las repeticiones se realizaron el día martes por razones de tiempo.

Para la ciudad de Cartago, debido a que los bloques o cuadras son más cortos que en Potchefstroom y por tanto presenta más intersecciones, se eligieron 16 puntos de muestreo a lo largo de la ciudad, 5 en la parte norte, 5 en la parte central y 5 en la parte sur como se muestra en la figura 12 según recomendaciones de la Ing. Ana Lucía Moya, especialista en el tema. Al igual que para la ciudad de Potchefstroom solo se realizó una repetición para cada punto, los días martes.

Algunas consideraciones metodológicas son:

- Los aforos se realizaron de manera no simultánea por las mismas razones explicadas en la sección 3.3.10.1
- Se realizó solamente una repetición para cada punto por las mismas razones explicadas en la sección 3.3.10.1

Figura 12. Ubicación de los 16 puntos de aforo para la ciudad de Cartago.

3.4. Criterios de ponderación

Para la creación del índice de caminabilidad se llevó a cabo una ponderación matemática de la recolección de datos de los aspectos de caminabilidad elegidos. Los cuales se presentan a continuación.

3.4.1. Criterios de ponderación para el aspecto de ancho de aceras

Los criterios de ponderación son los mismos en estructura para ambas ciudades en investigación, sin embargo, estos están en función de los reglamentos y leyes de los países en estudio. Por lo cual se presentan de manera separada.

Tanto para la ciudad de Potchefstroom (cuadro 5) como para la ciudad de Cartago (cuadro 6) se realizó la ponderación basada en el estudio The Walkability Index con las correcciones necesarias según la Ley de Espacios Urbanos de la Ciudad de Johannesburgo y la Ley 7600 de Costa Rica.

Para la ciudad de Potchefstroom se ponderó de acuerdo a la categorización de sus aceras en primarias y secundarias considerando los niveles de servicio (LOS por sus siglas en inglés) tal y como lo indica su ley (Jonnanesburg Goverment, 2009).

Cuadro 5. Criterios de ponderación para el aspecto de ancho de aceras para la ciudad de Potchefstroom.

Criterio	Ancho	Peso
Aceras primarias	≥ 2 m	100
	LOS > 2 m	50
	< 2 m	0
Aceras secundarias	$\geq 1,5$ m	100
	LOS $> 1,5$ m	50
	$< 1,5$ m	0

Mientras que para la ciudad de Cartago solo se consideró lo establecido por la Ley 7600.

Cuadro 6. Criterios de ponderación para el aspecto de ancho de aceras para la ciudad de Cartago.

Criterio	Ancho	Peso
Todas las aceras	$\geq 1,6$ m	100
	1,5m – 1,2m	$\frac{\text{Ancho total(m)} - 1,2}{1,6 - \text{Ancho total(m)}} \times 100$
	$< 1,2$ m	0

La fórmula utilizada para las aceras con un ancho entre 1,5m y 1,2m, fue tomada del estudio Medición de la caminabilidad en la Ciudad de Madrid, y tiene la ventaja que brinda valores de peso en función de los rangos establecidos.

3.4.2. Criterios de ponderación para el aspecto de presencia de arbolado y techo

El Cuadro 7 presenta los criterios de ponderación para el arbolado y techo. Estos están basados en tres diferentes estudios; Medición de la caminabilidad en la Ciudad de Madrid (Fontan, 2012), Guía de diseño y construcción del espacio público en Costa Rica (CFIA, 2013) y Arbolado urbano en Nueva York (Urban Horticulture Institute, 2009).

Cuadro 7. Criterios de ponderación para el aspecto de arbolado y techo

Criterio	Ancho	Peso
Arbolado	Cobertura $> 40\%$ del largo de la acera	100
	Cobertura $< 40\%$ de largo de acera	0
Techo	Cobertura $> 70\%$ del largo de la acera	80
	Cobertura $< 70\%$ del largo de la acera	0

Los criterios están basados en tres diferentes estudios; Medición de la caminabilidad en la Ciudad de Madrid (Fontan, 2012), Guía de diseño y construcción del espacio público en Costa Rica (CFIA, 2013) y Arbolado urbano en Nueva York (Urban Horticulture Institute, 2009).

Además, cabe resaltar que este último estudio descrito asume un valor de peso para los pasos techados menores a los pasos con arbolado puesto que carecen de los beneficios que presentan los árboles en los sitios urbanos explicado en la sección 4.2.7.

3.4.3. Criterios de ponderación para el aspecto de iluminación peatonal

En el cuadro 8 se presentan los criterios de ponderación para el aspecto de iluminación peatonal, los cuales están en función de la calidad de luminosidad y la cantidad de alumbrado peatonal.

Cuadro 8. Criterios de ponderación para el aspecto de iluminación de aceras

Sub-variables	Criterio	Peso
Calidad de luminosidad	> 20 lux	50
	20 - 5 lux	25
	< 5 lux	0
Cantidad de alumbrado peatonal	>T1	50
	>T2	25
	<T2	0

El valor total de la ponderación de alumbrado peatonal es la sumatoria las ponderaciones de ambas subvariables. Además, las fórmulas para el cálculo de del T1 y T2 son (2) y (3) respectivamente.

$$T1 = \frac{\text{Longitud de acera (m)}}{30 \text{ m}} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$T2 = \frac{\text{Longitud de aceras (m)}}{40 \text{ m}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Las formulas (2) y (3) descritas anteriormente corresponden a las distancias teóricas a las que las lámparas del alumbrado peatonal deben estar localizadas de acuerdo a “Investigation of Lighting Levels for Pedestrians” (Fujiyama et al, 2003). Asimismo, los criterios para la calidad de iluminación en la infraestructura peatonal están determinados de acuerdo a la Guía de diseño y construcción del espacio público (CFIA, 2013).

3.4.4. Criterios de ponderación para el aspecto de accesibilidad

Los criterios de ponderación se dividen en las subvariables de rampas e indicadores, tal y como se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Criterios de ponderación para el aspecto de accesibilidad

Sub-variables	Criterios	Peso
Rampas	Existencia y en buena condición	50
	Existencia y en mala condición	25
	No existen	0
Indicadores táctiles para no videntes	Existen y son continuos	50
	Existen y son discontinuos,	25
	No existen	0

Los criterios del cuadro 9 son propuestos con criterio técnico propio de la presente investigación de acuerdo a la Ing. Ana Lucía Moya, dado el caso que ningún estudio previo contempla el parámetro accesibilidad de manera extendida en su índice. Además, los criterios para determinar la condición de las rampas y la continuidad de los indicadores táctiles son explicados en la sección 3.3.4 del apartado de Recolección de datos.

3.4.5. Criterios de ponderación para el aspecto de facilidad de cruce

El cuadro 10 presenta los criterios relacionados al aspecto de facilidad de cruce.

Cuadro 10. Criterios de ponderación para el aspecto de facilidad de cruce.

Criterio	Peso
Presencia de semáforo	100
Presencia de reductores de velocidad y pasos peatonales	70
Presencia de pasos peatonales	50
Nada	0

3.4.6. Criterios de ponderación para el aspecto de obstáculos peatonales

Los criterios establecidos para el aspecto de obstáculos peatonales se encuentran en el cuadro 11, los cuales se encuentran en función de los anchos reglamentarios.

Cuadro 11. Criterios de ponderación para el aspecto obstáculos peatonales.

Criterio	Peso
$AL \geq \text{ancho reglamentario}$	100
$AL < \text{ancho reglamentario}$	0

Donde:

$$AL = \text{Ancho total de acera (m)} - \text{Espacio ocupado por el obstáculo más grande (m)} \quad (\text{Ec. 4})$$

Los criterios están basados en la metodología Estimación del Índice de Caminabilidad para el Sector de Obarrio de la Ciudad de Panamá (Castillo, 2017).

3.4.7. Criterios de ponderación para el aspecto de proximidad

El aspecto de proximidad está basado en la distancia entre la acera en estudio y las diferentes actividades de la ciudad. Los criterios se muestran a continuación.

Cuadro 12. Criterios de ponderación para el aspecto de proximidad

Tipo de uso de suelo	Criterio	Peso
Salud	< 500 m	100
	500 m – 1000 m	50
	> 1000 m	0
Recreativo	< 500 m	100
	500 m – 1000 m	50
	> 1000 m	0
Educativo	< 500 m	100
	500 m – 2000 m	50
	> 2000 m	0
Residencial	< 500 m	100
	> 500 m	0
Servicios gubernamentales	< 500 m	100
	> 500 m	0
Alta densidad comercial	< 500 m	100
	> 500 m	0

Los criterios elegidos y sus respectivas ponderaciones están basados en el estudio Guía de inventario y evaluación de aceras (PITRA, 2017).

3.4.8. Criterios de ponderación para el aspecto de seguridad

Las ponderaciones de la percepción de seguridad están en función de los resultados de la encuesta. Los criterios están expuestos en el cuadro 13.

Cuadro 13. Criterios de ponderación para el aspecto de percepción de seguridad

Criterio	Peso
El área es percibida como segura por la más del 50% de la muestra	100
El área es percibida como moderadamente segura por más del 50% de la muestra	50
El área es percibida como insegura por más del 50% de la muestra	0

3.4.9. Criterios de ponderación para el aspecto de condición de aceras

Los criterios establecidos para el aspecto de condición de aceras se encuentran en función de sedimentos, grietas, huecos, escalonamiento, bacheo, desnudamiento, separación de adoquines, falta de adoquines, depresiones y confinamiento explícitos en el cuadro 14.

Cuadro 14. Criterios de ponderación para el aspecto de condición de aceras

Condición	Criterio	Peso
Sedimentos	< 10 cm	0
	> 30 cm	12
Grietas	< 1 cm	0
	> 2,5 cm	20
Huecos	< 10 cm	0
	> 30 cm	20
Escalonamiento	< 2 cm	0
	> 5 cm	28
Bacheo	Buena condición	0
	Mala condición	20
Desnudamiento	Mínimo	0
	Moderado	10
	Severo	20
Separación de adoquines	< 1 cm	0
	> 2.5 cm	20
	> 1	8

Falta de adoquines	1 – 3	18
	> 3	28
Depresiones	< 1,5 cm	0
	> 3 cm	28
Confinamiento	< 1 cm	0
	> 1,5 cm	8

El criterio elegido y su respectiva ponderación está basada en el estudio Guía de Inventario y Evaluación de aceras (PITRA, 2017).

3.4.10. Criterios de factores de ponderación para el índice de caminabilidad ponderado

Los criterios establecidos para la ponderación del índice de caminabilidad se encuentran en el cuadro 15.

Cuadro 15. Criterios de ponderación para el aspecto de percepción de seguridad

Criterio	Peso
Aspecto elegido por más del 75% de la muestra encuestada	3
Aspecto elegido por más del 50% de la muestra encuestada	2
Aspecto elegido por menos del 50% de la muestra encuestada	1

3.5. Cálculo de los diferentes índices

El índice de caminabilidad está conformado por el índice de ancho de aceras, el índice de arbolado, el índice de iluminación peatonal, el índice de accesibilidad, el índice de facilidad de cruce, el índice obstáculos peatonales, el índice de proximidad, el índice de seguridad y el índice de condición de aceras, en función de los resultados de la ponderación de la sección

Cabe destacar que, si bien existen distintos índices de caminabilidad con diferentes procedimientos y metodologías, en esta investigación se basó en el estudio nacional Guía de Inventario y Evaluación de aceras (PITRA, 2017). Al cual se le añadieron otras metodologías de estudios previos internacionales y propuestas propias de esta investigación. A continuación, se presentan las fórmulas y procedimientos utilizados.

3.5.1. Índice de ancho, arbolado y techo, iluminación peatonal, accesibilidad, facilidad de cruce, obstáculos, proximidad y seguridad.

Una vez obtenidas las ponderaciones de acuerdo a los criterios de la sección 3.4 el Programa de Infraestructura del Transporte (2017) sugiere utilizar la fórmula 4 para calcular el índice de condición de aceras.

$$I = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \right) \quad (Ec. 5)$$

Donde:

I: Índice correspondiente para la ciudad en estudio

X: Resultado de la ponderación por acera

n: Número de aceras en estudio

3.5.2. Índice de condición de aceras

Una vez obtenidas las ponderaciones de acuerdo con los criterios de la sección 3.4.9 Fontán (2012) sugiere utilizar la ecuación 6 para calcular este índice.

$$CA = 100 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \quad (Ec. 6)$$

Donde:

I: Índice de condición de aceras para la acera en estudio

X: Resultado de la ponderación de anomalías por aceras

n: Número condiciones encontradas

3.5.3. Índice de caminabilidad no ponderado

El estudio del Índice de caminabilidad en la ciudad de Madrid sugiere para el cálculo del índice de caminabilidad una fórmula similar a la 8, sin embargo, como en esta investigación se trabajó con diferentes índices la fórmula resultante es la siguiente:

$$\text{Índice de caminabilidad no ponderado} = \frac{C+P+I+E+S+T+A+D+O}{9} \quad (Ec.8)$$

Donde:

C: Índice de condición de aceras
P: Índice de proximidad
I: Índice de iluminación peatonal
E: Índice de cruce
S: Índice de seguridad
T: Índice de arbolado y techo
A: Índice de ancho de aceras
D: Índice de accesibilidad
O: Índice de obstáculos

3.5.4. Índice de caminabilidad ponderado

El cálculo de la caminabilidad ponderada se llevó a cabo mediante la ecuación 9.

Índice de caminabilidad ponderado =

$$\frac{W_C C + W_T T + W_P P + W_A A + W_I I + W_D D + W_E E + W_O O + W_S S}{W_C + W_T + W_P + W_A + W_I + W_D + W_E + W_O + W_S} \quad (\text{Ec.9})$$

Donde:

C: Índice de condición de aceras
P: Índice de proximidad
I: Índice de iluminación peatonal
E: Índice de cruce
S: Índice de seguridad
T: Índice de arbolado y techo
A: Índice de ancho de aceras
D: Índice de accesibilidad
O: Índice de obstáculos
WC: Factor de ponderación de condición de aceras
WP: Factor de ponderación de proximidad
WI: Factor de ponderación para iluminación peatonal
WE: Factor de ponderación para accesibilidad
WO: Factor de ponderación de obstáculos
WS: Factor de ponderación para seguridad

3.5.5. Niveles de servicios (LOS)

Para el cálculo de los niveles de servicio de las aceras se utilizó la metodología del Highway Capacity Manual (2000) para el cual se utilizó la fórmula 10 con los niveles presentados en el cuadro 16.

$$LOS \text{ (peat/min * m) (m)} = \frac{\text{No. Peatones}}{15 \text{ minutos * Ancho}} \quad (\text{Ec. 10})$$

Cuadro 16. Niveles de servicio

Nivel de servicio	Pt/min m
A	>16
B	16-23

C	23-33
D	33-49
E	49-75

Además, cabe destacar que debido a que en la ciudad de Cartago se tomaron 16 puntos de muestreo y no en cada una de las aceras, se le atribuyó el valor obtenido en cada punto a las aceras más cercanas a este.

3.6. Análisis de resultados

Los análisis de resultados se realizaron mediante el software de sistemas de información geográfica QGIS 2.18.12 con archivos tipo shape compartidos por las municipalidades de Cartago y Potchefstroom. Los sistemas de coordenadas utilizados para la ciudad de Cartago y Potchefstroom fueron CRTM05 y WGS84 respectivamente.

4. Resultados y discusión

4.1. Selección de parámetros de caminabilidad

La elección de parámetros o indicadores de caminabilidad se llevó a cabo mediante la metodología descrita en la sección 3.2. El cuadro 17 muestra el total de 15 indicadores de caminabilidad analizados mediante las diferentes herramientas de recolección de datos, los cuales son: presencia de arbolado en la infraestructura peatonal urbana, ancho de aceras adecuado, análisis de las pendientes de las aceras, análisis de la percepción de seguridad en la zona de estudio, variedad de usos de suelo, condición de las aceras, minimización de los obstáculos en las aceras, accesibilidad, evaluación de la contaminación sónica del lugar en estudio, presencia de cruces peatonales o señalización para el peatón, volumen del tránsito peatonal, análisis del mobiliario urbano adecuado al contexto geográfico, análisis de la estética visual urbana y adecuada iluminación de la infraestructura peatonal.

En el cuadro 18 se presentan los resultados de la elección de indicadores para el diseño del índice de caminabilidad. Se seleccionaron 10 parámetros de los 15 contemplados, dentro de los cuales se encuentran: arbolado, ancho de aceras, seguridad, variedad de usos de suelo, condición de las aceras, obstáculos peatonales, accesibilidad, facilidad de cruce, volumen de tránsito peatonal e iluminación. Como se observa, no se consideró el indicador de análisis de pendientes debido a que su metodología no presenta una viabilidad de tiempo ni de instrumentación, puesto que esta supone una disposición de datos previos ya determinada por los entes gubernamentales tales como mapas de pendientes levantados con sistemas de información geográfica, los cuales, no se encuentran disponibles para ambas ciudades (Fontán, 2012).

También se descartó el indicador de contaminación acústica debido a que su metodología supone repeticiones de mediciones para cada una de las aceras en rangos de tiempo intermitentes durante hasta 4 meses, lo cual sobrepasa el tiempo establecido para la presente investigación (Ministerio de Desarrollo Urbano, s.f).

De la misma manera, se suprimió el indicador del análisis de mobiliario urbano puesto que además de que no es común en los estudios de caminabilidad, su metodología de análisis

contempla tipos de mobiliario inexistentes en países tropicales como Costa Rica y en países con sequías largas como Sudáfrica. De la misma manera sucede con el indicador de atractividad estética, puesto que las metodologías planteadas suponen criterios de evaluación de infraestructura de países desarrollados, a los cuales Costa Rica y Sudáfrica aún no pertenecen (Neto, 2015).

Además, se eliminó el indicador de análisis de los sistemas de drenaje, ya que su evaluación supone una metodología bienal, ya que se necesitan repeticiones de datos de las diferentes estaciones climáticas, lo cual sobrepasa los límites de tiempo establecidos para la presente investigación (Imaz, 2017).

Cabe destacar que, a diferencia de los estudios bibliográficos revisados, la presente investigación propone la novedad del uso de una metodología basada en el cálculo de índice de caminabilidad ponderado en función de las preferencias específicas de la población en estudio, la cual se explica en la sección 3.5.4.

Cuadro 17. Resultados de las herramientas de recolección de datos.

Herramienta	Descripción	Parámetros encontrados
Conferencias	Urban and Regional Planning, North West University.	Arbolado, ancho de aceras, obstáculos, luminosidad, seguridad, accesibilidad, uso mixto de suelos, sistemas de drenaje urbanos.
Entrevistas	Ph.D. Francois Retief	Ancho de aceras, condición de aceras, accesibilidad, seguridad, luminosidad.
	Ing. Ana Lucía Moya	Seguridad, ancho de aceras, accesibilidad, luminosidad, obstáculos.
Estudios previos	Índice de caminabilidad en Madrid, España	Arbolado, ancho de aceras, pendiente, seguridad, variedad de usos de suelo.
	Índice de caminabilidad en Obarrio, Panamá	Ancho de aceras, condición de aceras, obstáculos, pendiente, accesibilidad, uso mixto de suelos, sombra, contaminación acústica, seguridad, cruces.
	Índice de caminabilidad en Buenos Aires, Argentina	Ancho de aceras, volumen de tránsito, accesibilidad, arbolado, contaminación acústica, uso mixto de suelos.
	The walkability index,	Ancho de aceras, volumen de tránsito, seguridad, arbolado, mobiliario urbano, atraktividad estética.
	Propuesta metodológica para calcular el grado de caminabilidad en Dubái	Ancho de aceras, condición de aceras, accesibilidad, obstáculos, cruces, iluminación.

Cuadro 18.Resultados de la elección de indicadores de caminabilidad para el diseño del índice de caminabilidad

Indicadores encontrados	Puntaje de criterios de selección				Total	Condición
	Viabilidad de tiempo	Viabilidad de instrumentación y presupuesto	Relevancia metodológica en el contexto geográfico	Mención en herramientas de recolección		
Arbolado	15	15	15	10	55	Seleccionado
Ancho aceras	15	15	15	20	65	Seleccionado
Pendiente	0	0	15	10	25	Descartado
Seguridad	15	15	15	20	65	Seleccionado
Uso mixto de suelos	15	15	15	10	55	Seleccionado
Condición de aceras	15	15	15	10	55	Seleccionado
Obstáculos	15	15	15	10	55	Seleccionado
Accesibilidad	15	15	15	20	65	Seleccionado
Contaminación acústica	0	0	15	5	20	Descartado
Cruce	15	15	15	5	50	Seleccionado
Volumen peatonal	15	15	15	5	50	Seleccionado
Mobiliario urbano	15	0	0	5	20	Descartado
Atractividad estética	15	15	0	5	35	Descartado
Iluminación	15	15	15	20	65	Seleccionado
Sistemas de drenaje	0	15	15	5	35	Descartado

4.2. Resumen del diseño de metodología para el cálculo del índice de caminabilidad

La metodología construida en la presente investigación se explica en detalle en las secciones 3.3 y 3.4 previamente explicadas. El cuadro 19 resume los 10 factores de la caminabilidad seleccionados con una breve descripción de la metodología y su respectiva referencia.

Cuadro 19. Resumen de metodología, materiales y referencias metodológicas por aspectos evaluados.

Factores	Metodología	Materiales	Referencia metodológica	Factores	Metodología	Materiales	Referencia metodológica
Ancho de aceras	Medición del ancho libre y su georreferencia respectiva	GPS y cinta métrica	The Walkability index, Neto, 2015.	Facilidad de cruce	Georreferencia de los pasos peatonales, semáforos y reductores de velocidad	GPS	
Presencia de arbolado o techo	Medición de la longitud de copa relacionada con aceras y su georreferencia respectiva	GPS y cinta métrica	Índice de caminabilidad en la ciudad de Madrid, Fontan, 2012.	Proximidad	Proximidad de las aceras a los diferentes tipos de usos de suelo tales como: centros de salud, áreas recreativas, comercio, residenciales, gubernamental e instituciones educativas	GPS	Guía de inventario y evaluación de aceras, PITRA, 2017.
Seguridad	Encuesta acerca de la percepción de seguridad de las diferentes áreas			Flujo peatonal	Numero de peatones en 15 minutos durante hora pico	GPS y cronómetro	Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 2000.
Iluminación peatonal	Georreferencia de la iluminación peatonal en el área de estudio	GPS y luxómetro	City of Johannesburg complete streets design guideline, JB Government, 2009.	Obstáculos peatonales	Cantidad, tipo y espacio ocupado	GPS and cinta métrica	
Accesibilidad	Georreferencia de las rampas y zonas táctiles para no videntes	GPS	Guía para el diseño y la construcción del espacio público, CFIA, 2013.	Condición de aceras	Longitud y espacio ocupado de sedimentos, grietas, huecos, escalonamiento, falta de adoquines, confinamiento, bacheo y desnudamiento	GPS and cinta métrica	Guía de inventario y evaluación de aceras, PITRA, 2017.

4.3. Resultados del cálculo del índice de caminabilidad

4.3.1. Índice de ancho de aceras

Cambra (2011) argumenta que el ancho de aceras presenta implicaciones significativas para la seguridad y la calidad del entorno del peatón. Lo cual posteriormente influye en la elección de moverse de manera peatonal y no mediante otros medios.

Las aceras que son muy angostas no permiten a los peatones moverse de manera segura y confortable, además, limitan la posibilidad de agregar elementos naturales o inmobiliario urbano. Por el contrario, aceras anchas influyen directamente en el flujo peatonal, pues le ofrecen al peatón espacio suficiente para caminar al ritmo deseado, detenerse, socializar o simplemente disfrutar de los alrededores. Un ancho adecuado en las aceras hace la infraestructura peatonal más útil y atractiva, además de funcionar como barrera entre el tráfico automovilístico y el flujo peatonal (S.F Government, 2015).

4.3.1.1. Cartago

El análisis del ancho de aceras en Cartago se realizó en primera instancia en función de los reglamentos nacionales, y debido a que éstos presentan rangos de ancho de aceras muy conservadores, 1,2 m de ancho mínimo en la Ley 7600 y un valor recomendado de 1,6 m según la Guía para el Diseño y la construcción del Espacio Público en Costa Rica, los resultados del índice de ancho son en casi todas las aceras, excepto en una, mayores a 75 de una máximo de 100, tal y como se muestra en la figura 13. Es decir, que son categorizados como buenos puesto que cumplen con los reglamentos locales, sin embargo, como se argumenta en el Highway Capacity Manual (2000), las aceras aparte de tener rangos mínimos, se deben diseñar tomando en cuenta sus niveles de servicio en función de la cantidad de usuarios, tal y como se realiza en la sección 4.2.3 posteriormente descrita.

En consecuencia, de esto, el índice general de ancho total de aceras para la zona de estudio en Cartago es de 96 de un total de 100. El cual es categorizado como alto debido a que el 19% de las aceras en estudio presentan un ancho libre de entre 1,6 m a 2,0 m, cumpliendo de esta manera los reglamentos locales. Un 78% de las aceras presentan un ancho libre entre 1,6

m y 1,2 m, las cuales siguen cumpliendo reglamentos, aunque con anchos muy conservadores comparados con reglamentos internacionales, y solamente un 3% de las aceras presentan anchos libres menores a 1,2 m, incumpliendo los reglamentos locales.

Asimismo, las aceras con el mejor índice de ancho (100) en la ciudad de Cartago es la acera 22 representada en la figura 14, la cual está ubicada a lo largo de la Catedral Nuestra Señora del Carmen. Mientras que la acera con el menor índice de ancho de aceras (49,0) es la 157 ubicada diagonal al Liceo Dr. Vicente Lachner. Esta acera se considera crítica debido a su aproximación de menos de 300 m a dos de los centros educativos con más población estudiantil del área en estudio, los cuales son la Escuela Winston Churchill y el Liceo Dr. Vicente Lachner.



Figura 13. Resultados georreferenciados del índice de ancho de aceras en la ciudad de Cartago.

4.3.1.2. Potchefstroom

De acuerdo con los diferentes niveles de uso de suelo en la zona de estudio, 49% de las aceras son categorizadas como primarias y 31% como secundarias (Figura 14). Esto significa que el 49% de las aceras están en un uso de suelo de tipo comercial, educativo y de salud, o bien, a lo largo de las autopistas nacionales.

Además, en la misma se muestran los lugares en Die Bult que no presentan infraestructura peatonal, los cuales representan un total de 7,2 kilómetros de longitud para potencial uso peatonal y que no presentan algún uso particular.

Por otra parte, como se muestra en la figura 15 las aceras a lo largo de la calle Thabo Mbeki presentan el mayor ancho, mientras que en la intersección entre Esselen St and President St se presentan las aceras más angostas.

Cabe destacar que solamente el 22% del total de aceras cumplen con los parámetros legales establecidos por los reglamentos sudafricanos, con un promedio general de ancho de 1,68 m.

Así mismo, solo el 31% de las aceras de tipo primario cumplen los parámetros legales con un promedio de ancho de acera de 1,90 m cuando el mínimo reglamentario es de 2,0 m. Mientras que el ancho promedio para las aceras secundarias es de 1,3 m cuando el mínimo reglamentario es de 1,5 m. Esto da como resultado un promedio general del índice de ancho de aceras de 28,07 de 100,00 categorizado como bajo.

Existen además 5 puntos clave en la ciudad, dentro de los cuales se encuentran:

1. La entrada norte de la Universidad de North-West en la calle Gerrit Dekker.
2. La intersección entre Esselen St y President St que representa la entrada principal de la Universidad de North West.
3. La calle Albert Luthuli al sur de la ciudad ya que representa un paso peatonal de conexión a Die Bult con poblados aledaños.
4. La calle Thabo Mbeki pues funciona de conexión a los poblados norte y sur de la provincia de North-West.

5. El centro de la avenida Steve Biko, puesto que es donde se encuentra la mayor actividad comercial de la ciudad.

De los anteriores 5 lugares claves, 3 de ellos no cumplen con los reglamentos mínimos, estos son los mencionados en el punto 1, 2 y 3 anteriormente. Y que por tanto deberían ser prioridad para el mejoramiento del índice de ancho de aceras y el de caminabilidad en general.

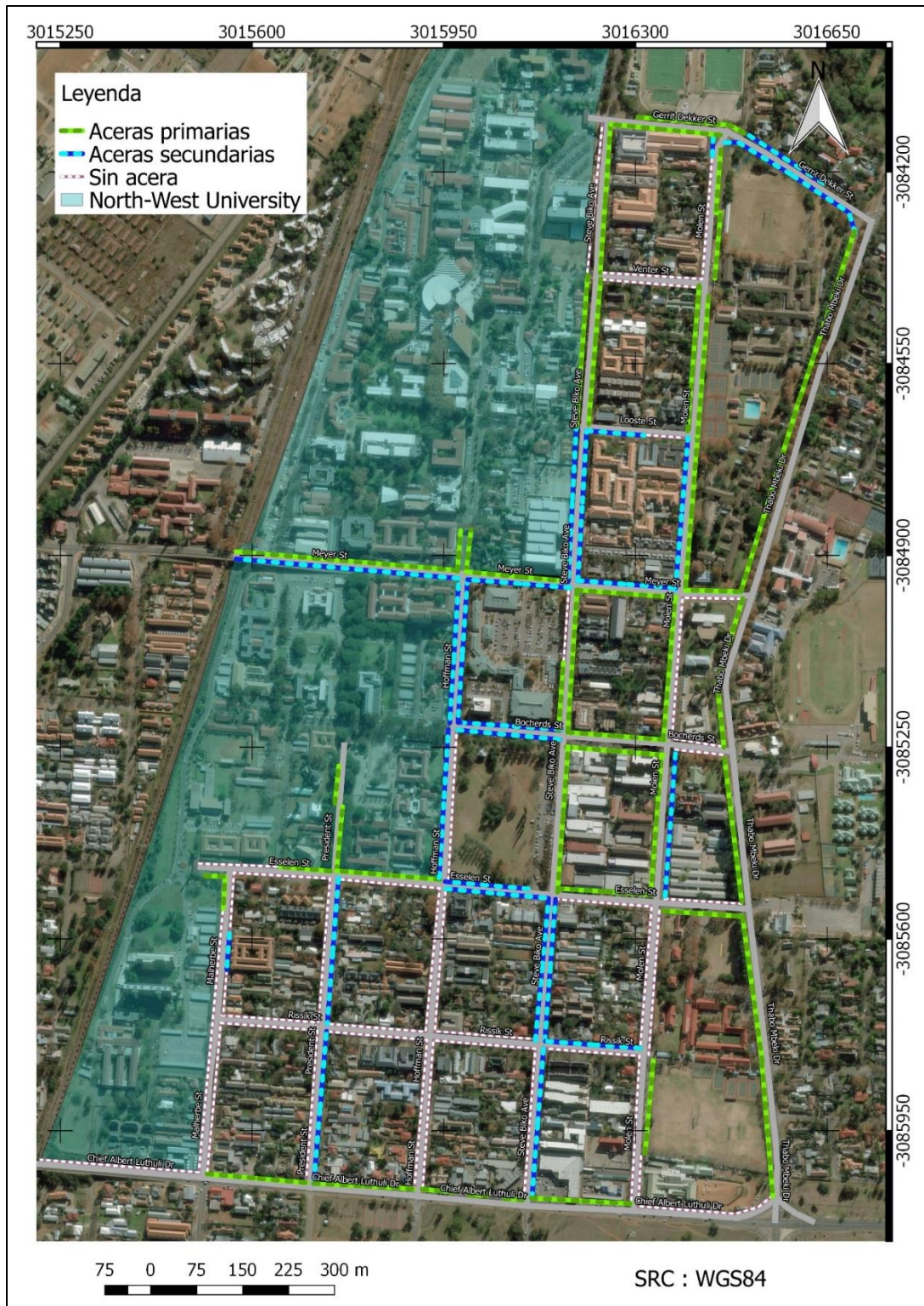


Figura 14. Resultados georreferenciados de la categorización de aceras en Potchefstroom.



Figura 15. Resultados georreferenciados del índice de ancho de aceras en Potchefstroom.

4.3.2. Índice de obstáculos peatonales

Speck (2015) argumenta que una ciudad caminable debe incentivar a sus ciudadanos a caminar promoviendo una infraestructura ciudadana segura, eficiente y disfrutable. Para esto, aceras libres de obstáculos y en buena condición son básicas para una movilidad urbana sostenible.

Los obstáculos peatonales presentan consecuencias parecidas a una acera con ancho irreglamentario, sin embargo, demuestra la particularidad que disminuye el flujo y la velocidad de peatones de manera abrupta, haciendo la infraestructura peatonal propicia para colisiones entre ellos. Además, una acera con muchos obstáculos requiere la concentración completa de los peatones en su paso, dejando como secundario el disfrute y la amenidad, lo que en consecuencia supone menos actividad comercial e interacción entre los transeúntes (Robinson et al., 2017).

4.3.2.1. Cartago

Mediante las inspecciones realizadas se identificaron un total de 755 obstáculos potenciales, representados geográficamente en la figura 19. Dentro de las cuales se encuentran; teléfonos públicos, tapas, señales de tránsito, postes, paredes, hidrantes, gradas, casetillas de ventas y de paradas de buses, parqueos de automóviles que abarcan las aceras, cajas de electricidad, basureros y vallas publicitarias. De estos 755 obstáculos potenciales, 496 son reales, es decir, que disminuyen el ancho de acera en menos del ancho recomendado de 1,6 m.

Asimismo, como se muestra en la figura 16, los obstáculos que se encuentran en mayor cantidad son los postes de electricidad y telecomunicaciones, con 242 unidades, seguidos por las señales de tránsito, con 219 unidades y por tapas en las aceras, con 203 unidades.

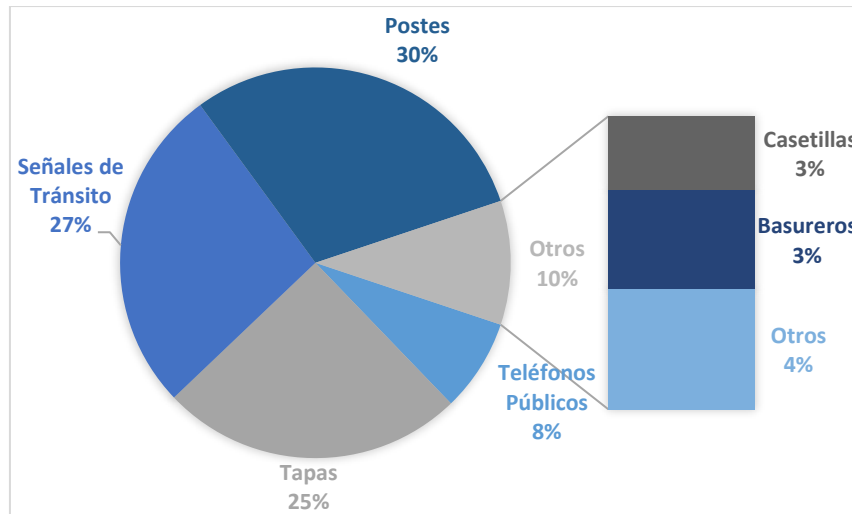


Figura 16. Porcentaje de obstáculos encontrados en Cartago.

Además, como se observa en la figura 17 los obstáculos que en promedio abarcan mayor espacio en la acera son los carros estacionados en la infraestructura peatonal, que en promedio abarcan 1.1 m del ancho de la acera, seguidos por las casetillas de paradas y ventas, que alcanzan en promedio 95 cm de la acera y cajas de electricidad, que ocupan 87 cm en promedio. Sin embargo, a pesar de que estos obstáculos son los que generan mayor alteración del flujo peatonal y deben de ser removidos, no representan un porcentaje alto de obstáculos. En ese sentido, se puede afirmar que los obstáculos que representan mayores obstrucciones de flujo por cantidad y espacio ocupado son los postes de alumbrado y telecomunicaciones, puesto que se ubicaron 242 unidades a lo largo de la zona de estudio y que en promedio abarcan un ancho de 40 cm.

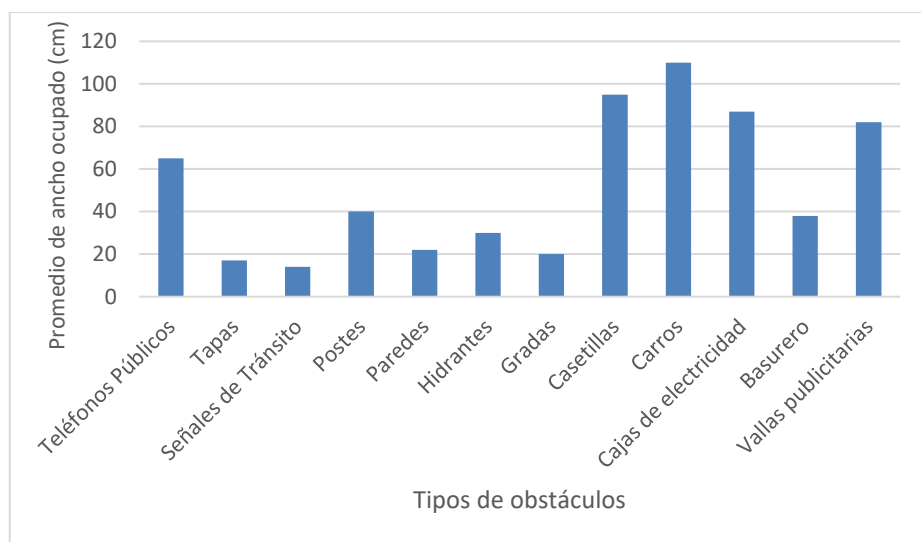


Figura 17. Promedio de ancho ocupado por tipo de obstáculo en Cartago.

El promedio general del índice de obstáculos en Cartago es de 36 de 100, el cual está entre el límite de la clasificación entre bajo y moderado. Esto es debido a que en el 66% de las aceras, los obstáculos abarcan entre el 70% y el 90% del ancho de éstas, mientras que un 19% de aceras abarcan entre el 35% y el 70% de su ancho.

Entre las aceras con un peor índice de obstáculos, como se representa en la figura 20, se encuentra la acera 82 (ilustrada en la figura 18) pues contiene 7 obstáculos, los cuales disminuyen su ancho de acera de 2,0 m a 1,1 m. Así como también la acera 142 que presenta 6 obstáculos, los cuales disminuyen su ancho de 1,6 m a 1,0 m, y la acera 121 que, aunque presenta 4 obstáculos, disminuye la totalidad de su ancho de 1,7 m debido al parqueo de camiones.

Por el contrario, entre las aceras con mejor índice de obstáculos, se encuentra las aceras 106 y 151, entre otras, que no presentan ninguna reducción de su ancho por obstáculos.



Figura 18. Evidencia de obstáculos en las aceras 142, 82 y 121 respectivamente.

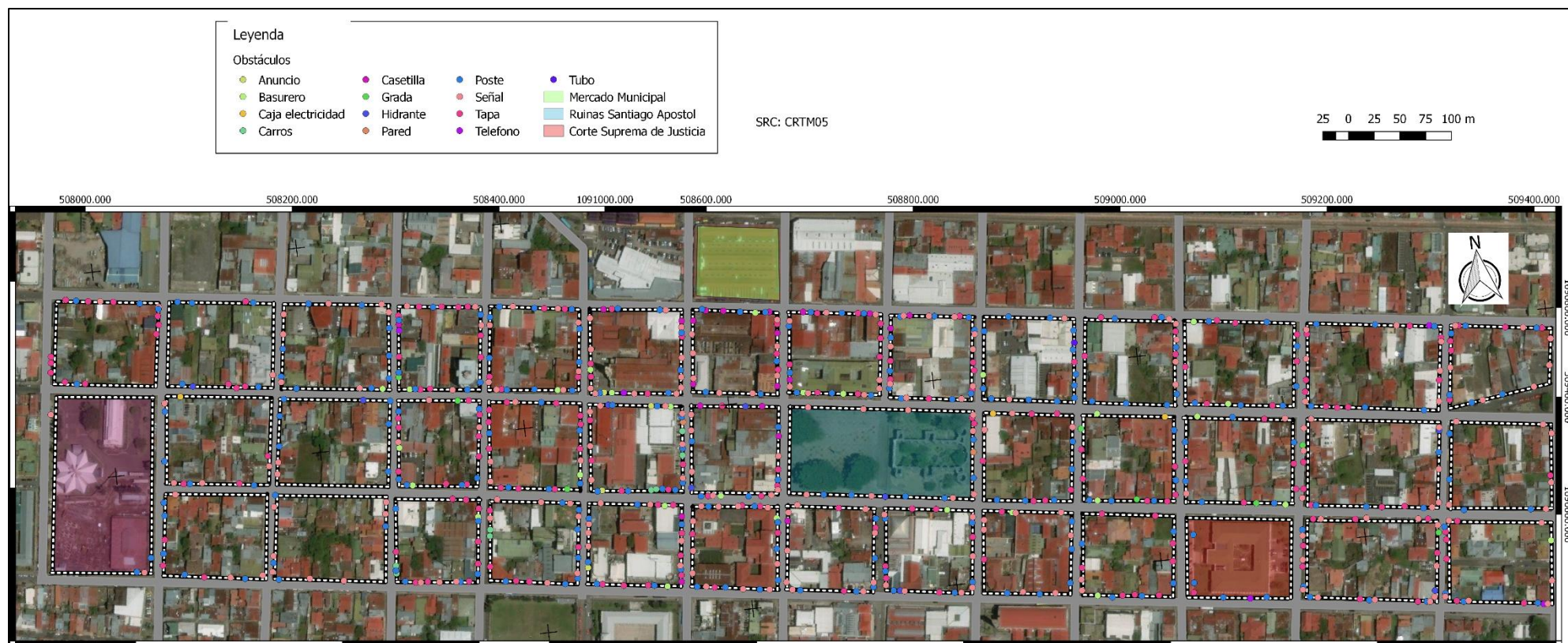


Figura 19. Resultados georreferenciados de obstáculos por tipo en Cartago.

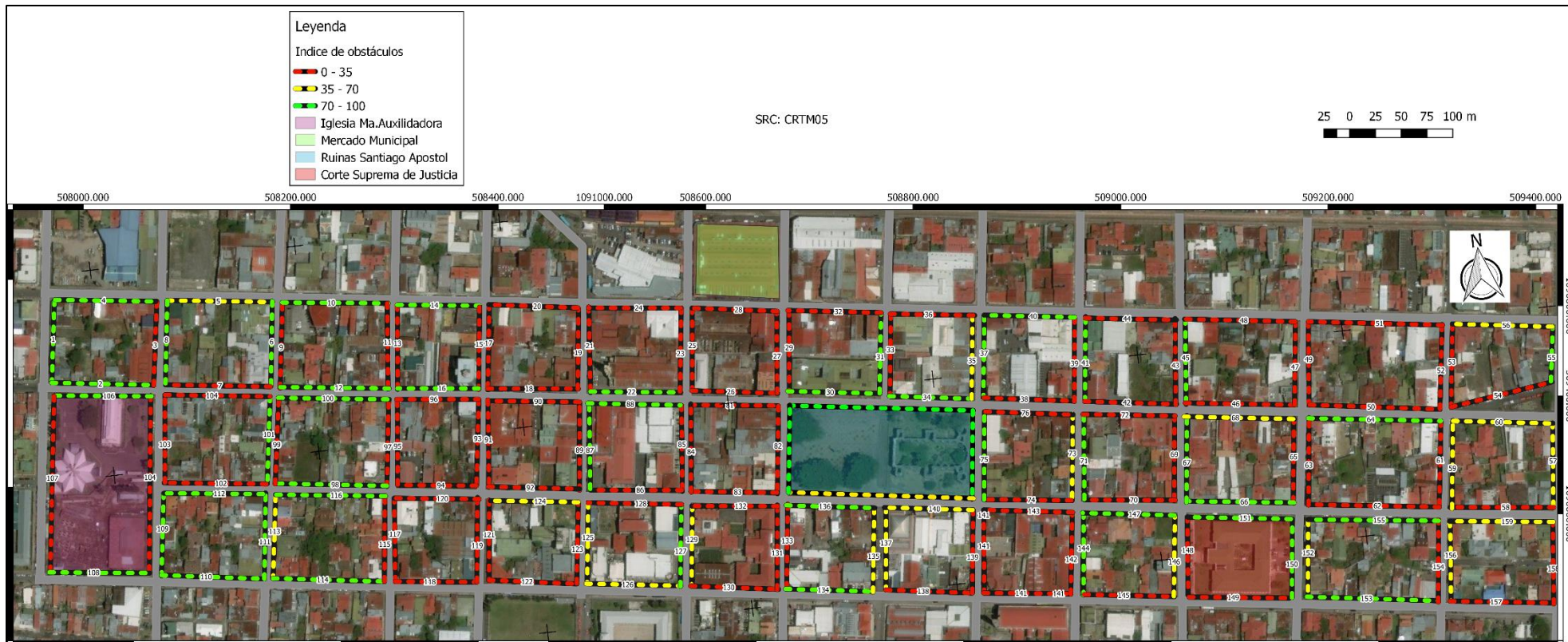


Figura 20. Resultados georreferenciados del índice de obstáculos en Cartago.

4.3.2.2. Potchefstroom

Mediante las inspecciones realizadas de acuerdo a la metodología explicada en la sección 3.3.6 y 3.4.6 se determinó la existencia de un total de 81 obstáculos alrededor de la ciudad, tal y como se muestra en la figura 24.

Asimismo, como se muestra en la figura 21, la mayoría de los obstáculos encontrados corresponden al alumbrado urbano localizado en aceras, seguidos por los automóviles parqueados en las aceras, anuncios comerciales dentro del área peatonal, tapas de drenaje pluvial, árboles localizados dentro de la infraestructura peatonal, entre otros.

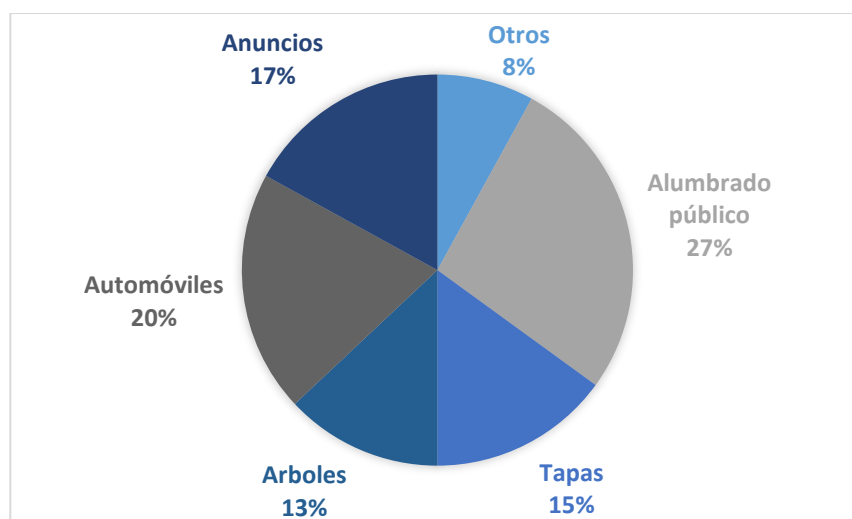


Figura 21. Porcentaje de obstáculos encontrados en Potchefstroom.

También, es importante recalcar que los automóviles parqueados en infraestructura peatonal son los obstáculos que ocupan la mayor cantidad de espacio por acera. Los resultados demuestran que en promedio estos ocupan un 78% del ancho de la acera. Seguido por otros obstáculos tales como basureros mal posicionados, rocas grandes y señales de tránsito (43% del espacio de aceras), y árboles invadiendo espacio peatonal (40% del espacio de aceras), entre otros, tal y como se representa en la figura 22.

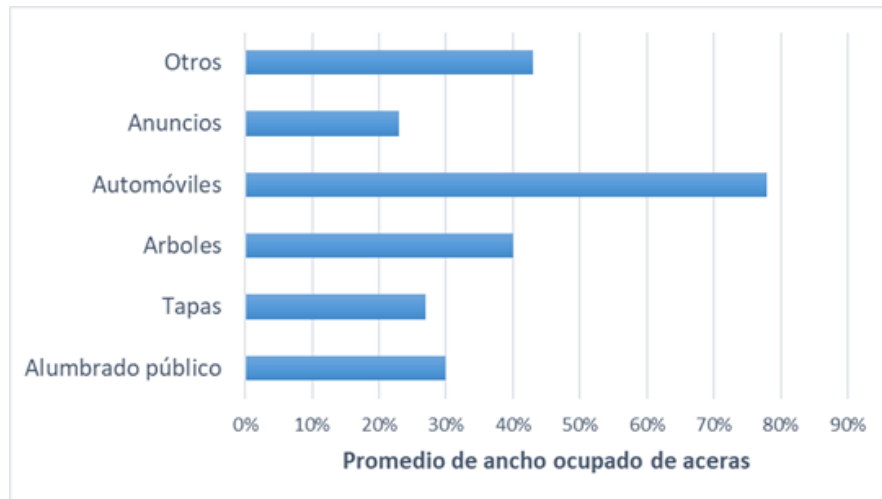


Figura 22. Promedio de ancho ocupado por tipo de obstáculo en Potchefstroom.

El promedio del índice de obstáculos en Die Bult es de 81,73 de 100,00. Esto significa que, en pocas aceras, se encontraron obstáculos ocupando más del 50% de su ancho. En general, tal y como se presenta en la figura 25, solamente el 6% de los obstáculos de las aceras ocuparon entre el 30% y el 50% de su ancho. Y en 12% de aceras los obstáculos ocuparon más del 50% de su ancho.

El índice de obstáculos más bajo se presentó en la acera oeste de Meyer St (ilustrada en la figura 23), en donde el entorno peatonal suele ser utilizado como estacionamiento ilegal de automóviles y representa un punto crítico puesto que es la acera más próxima a la entrada principal de la Universidad de North West.



Figura 23. Evidencias de obstáculos en Meyer St, Gerrit Dekker St y Molen St respectivamente.



Figura 24. Resultados georreferenciados de obstáculos por tipo en Potchefstroom.

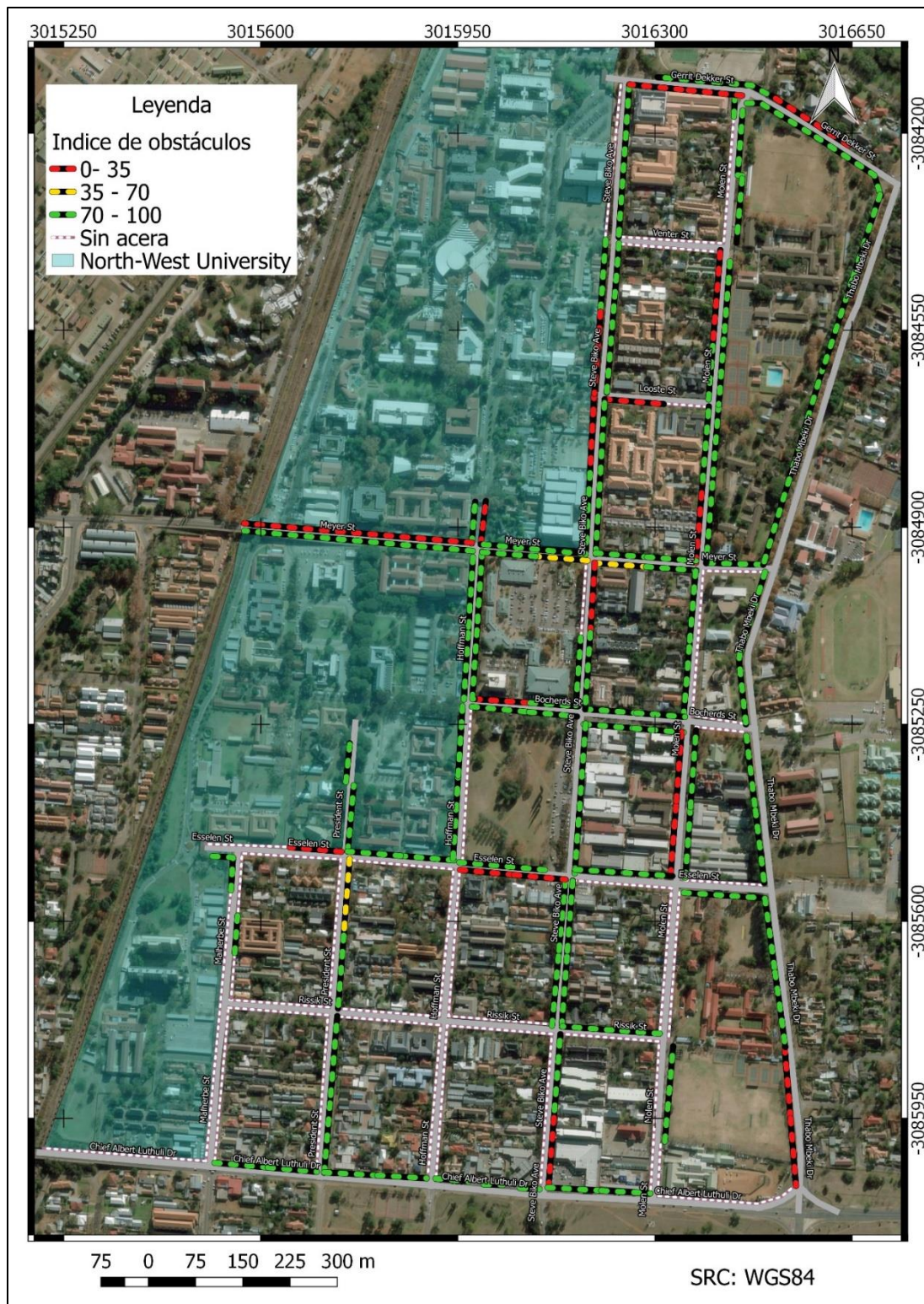


Figura 25. Resultados georreferenciados del índice de obstáculos en Potchefstroom.

4.3.3. Determinación de los niveles de servicio de aceras

4.3.3.1. Cartago

Mediante la metodología explícita en la sección 3.3.10 se contabilizó la cantidad de peatones y vehículos en 15 puntos a lo largo de la ciudad identificados en la figura 12.

Se determinó que el punto 9 es el lugar de muestreo con menos cantidad de peatones contabilizados, con un total de 88 peatones en un periodo de 15 minutos. Mientras que el punto de muestreo con más visualizaciones de peatones es el 5, con un total de 570 peatones en un periodo de 15 minutos. En el cuadro 20 se muestra la cantidad de peatones determinada en ambos conteos realizados.

Además, se determinó que, en promedio, del total de peatones en la zona de estudio, 41% cumplen con los rasgos estereotípicos del físico masculino, 43% femenino, 6% de niños y niñas, y en promedio, del total de peatones visualizados, el 10% no se pudo identificar por género.

Cuadro 20.Resultados de los aforos en los 15 puntos de muestreo

Puntos muestreo	Peatones totales	Hombres	Mujeres	Niños(as)	No determinado
1	167	69	61	3	34
2	185	83	98	2	3
3	195	90	97	5	3
4	465	210	246	9	0
5	570	241	278	39	11
6	398	171	178	11	39
7	468	210	217	9	32
8	517	164	188	10	156
9	88	38	31	0	20
10	148	63	47	1	36
11	91	35	45	3	7
12	110	45	35	0	30
13	330	95	123	14	98
14	170	67	81	3	18
15	137	63	56	3	15
1 repetición	149	67	58	6	18
2 repetición	192	92	96	2	2
3 repetición	201	92	103	5	1
4 repetición	443	200	234	9	0
5 repetición	557	223	290	45	0
6 repetición	343	161	154	9	18
7 repetición	483	208	232	24	19
8 repetición	505	177	192	10	127
9 repetición	97	43	33	4	17
10 repetición	140	63	46	3	28
11 repetición	95	37	51	6	1
12 repetición	121	52	42	4	23
13 repetición	347	115	128	15	89
14 repetición	167	70	85	3	9
15 repetición	145	70	58	4	13

Además, como se observa en la figura 26, los lugares con mayor cantidad de peatones contabilizados corresponden a lugares cercanos al centro de la ciudad y, en consecuencia, a las zonas comerciales más densas.

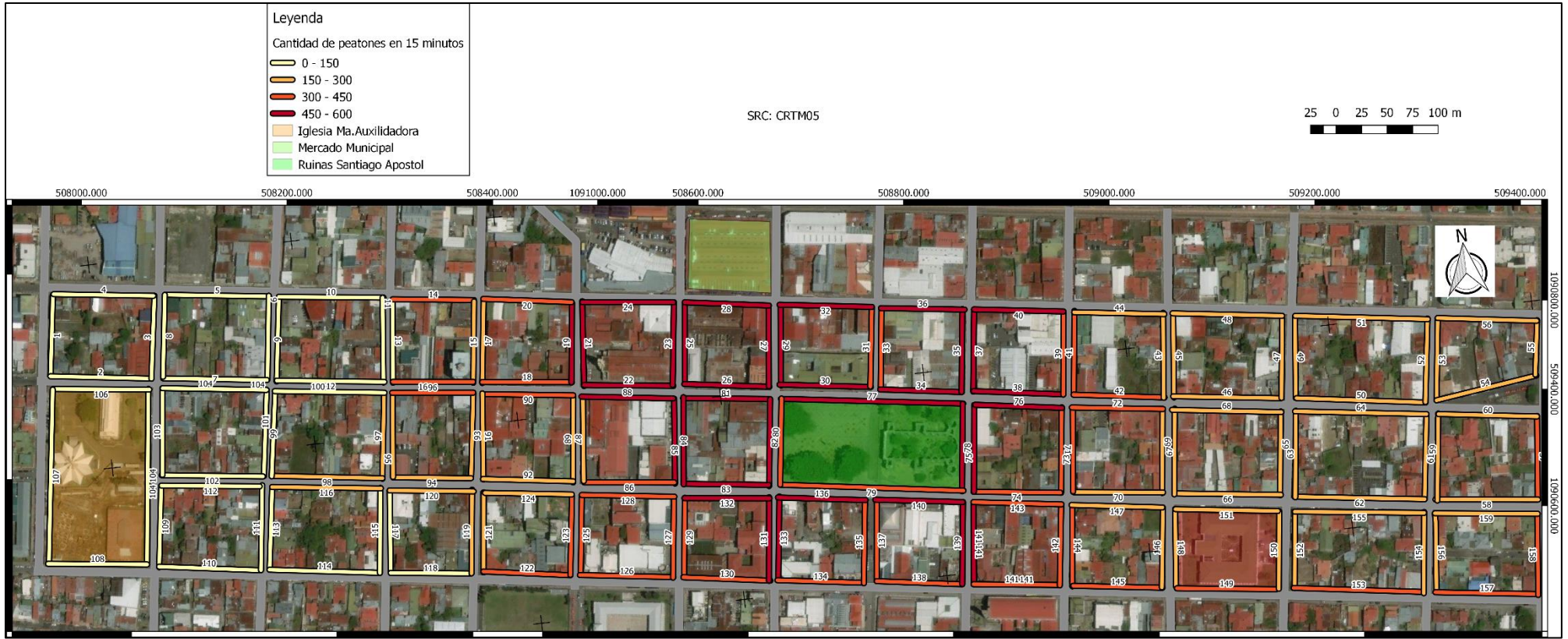


Figura 26. Cantidad de peatones en 15 minutos geográficamente referenciados en la ciudad de Cartago.

Asimismo, para los puntos de muestreo de la parte este de la zona de estudio, los cuales son 9, 10, 11, 12 y 15 de la figura 10, presentan ámbitos de cantidad de automóviles entre 200 y 350 en un periodo de 15 minutos, de 0 y 50 unidades de camiones, motos, buses y bicicletas, así como de 50 y 150 peatones, como se muestra en la figura 27.

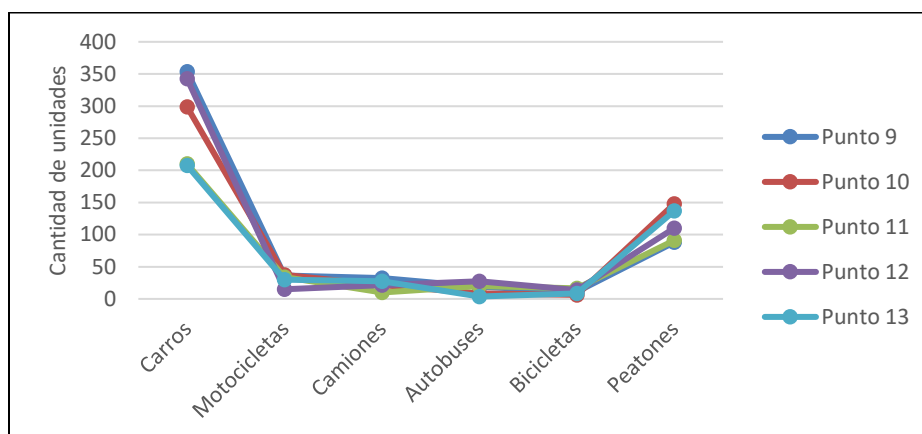


Figura 27. Aforos de los distintos tipos de movilidad urbana en los puntos 9, 10, 11, 12 y 13.

Para los puntos de muestreo 1, 2, 3 y 13 (figura 28), los cuales representan la zona oeste de la zona de estudio, presentan un patrón parecido al de los puntos de muestreo de la zona este. Sin embargo, se encontraron ámbitos de entre 200 y 400 unidades de automóviles circulando, entre 0 y 100 unidades de motos, buses, camiones y bicicletas. Mientras que peatones entre 150 y 300. Es decir, en general, mayor cantidad de circulación tanto peatonal como automotriz comparado al oeste de la zona de estudio.

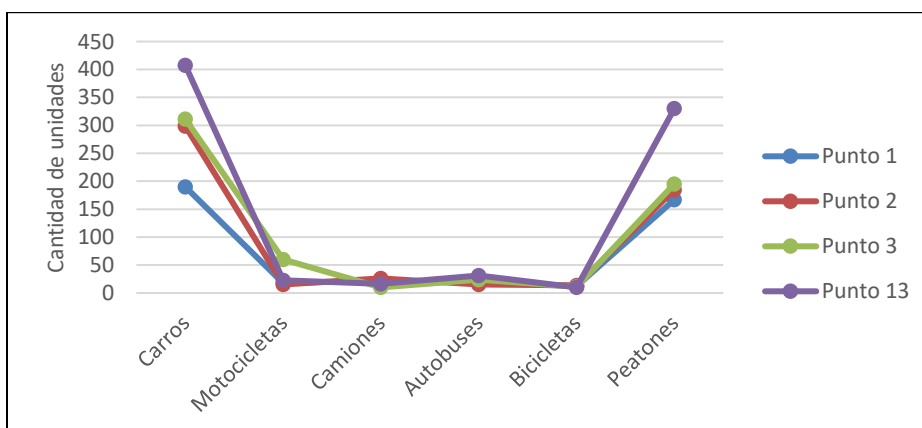


Figura 28. Aforos de los distintos tipos de movilidad urbana en los puntos 1, 2, 3 y 13.

Para los puntos de muestreo de la zona central, es decir, puntos 4,5,6,7 y 8, se obtuvieron mayor cantidad tanto de peatones como de circulación automotriz (figura 29). Se contabilizaron entre 250 y 450 unidades de automóviles en los 15 minutos de conteo. Además, entre 0 y 50 unidades de buses, camiones y motocicletas, mientras que una cantidad de peatones de entre 400 y 500.

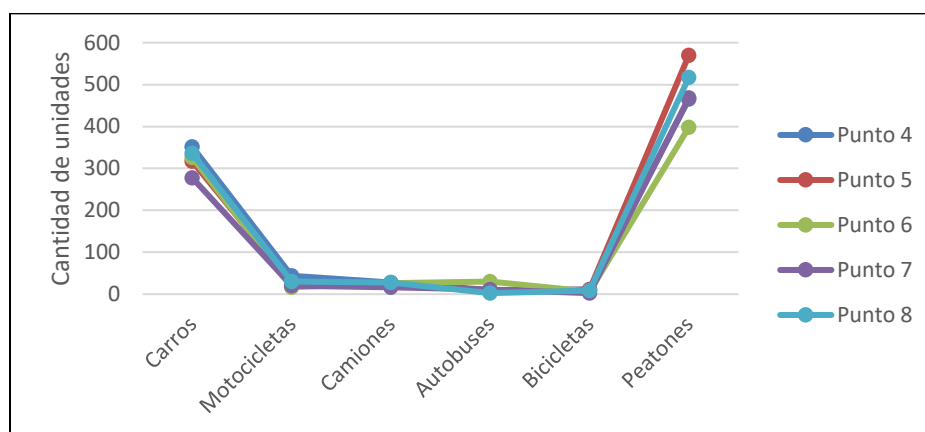


Figura 29. Aforos de los distintos tipos de movilidad urbana en los puntos 4, 5, 6, 7 y 8.

En síntesis, se puede afirmar que, en la zona oeste y este de la zona en estudio, se presentó mayor cantidad de vehículos que de peatones, mientras que, en el centro, por el Parque de las Ruinas Santiago Apóstol se encontró mayor cantidad de peatones que de vehículos.

Con estos resultados, se lograron calcular los niveles de servicio de las aceras de la ciudad. Del total de 160 aceras en estudio, 59% presentaron un flujo menor a 16 peatón/minuto-metro y fueron clasificadas de tipo A según los criterios del Highway Capacity Manual (2000). Esto quiere decir que los peatones caminan en condiciones ideales sin interferencias debido a otros peatones. Prácticamente los usuarios de una acera tipo A caminan en la trayectoria que desean, sin verse obligados a modificar su tránsito (Transportation Research Board, 2000).

Por otra parte, el 16% de aceras en estudio fueron clasificadas de tipo B, debido a que presentan flujos de entre 16 y 23 peatón/minuto-metro. Lo cual significa que los usuarios de estas aceras se mueven en condiciones ideales sin interferencia debido a otros peatones. Las velocidades de marcha son elegidas libremente y los conflictos entre peatones son improbables.

Asimismo, el 18% de las aceras en estudio presentan flujos de entre 23 y 33 peatón/minuto-metro, las cuales son clasificadas de tipo C. En este tipo de acera el espacio es suficiente para las velocidades de marcha normales. Sin embargo, el movimiento en dirección contraria o la realización de cruces pueden causar pequeños conflictos, lo que disminuye las velocidades y flujos.

Mientras que el 6% y el 1% de las aceras fueron clasificadas de tipo D y E, respectivamente, debido que presentan flujos de entre 33 y 49 peatón/minuto-metro para las primeras y de entre 49 y 75 peatón/minuto-metro para las segundas. En este tipo de aceras los peatones ven restringida su velocidad normal de marcha, lo que exige con frecuencia a modificar y ajustar su paso. En los casos más críticos el movimiento es solo posible arrastrando los pies. Por eso, estos tipos de nivel de servicio de aceras no son recomendados y su ancho libre debe de ser ampliado (Transportation Research Board, 2000).

La clasificación de todas aceras se presenta geográficamente en la figura 30.

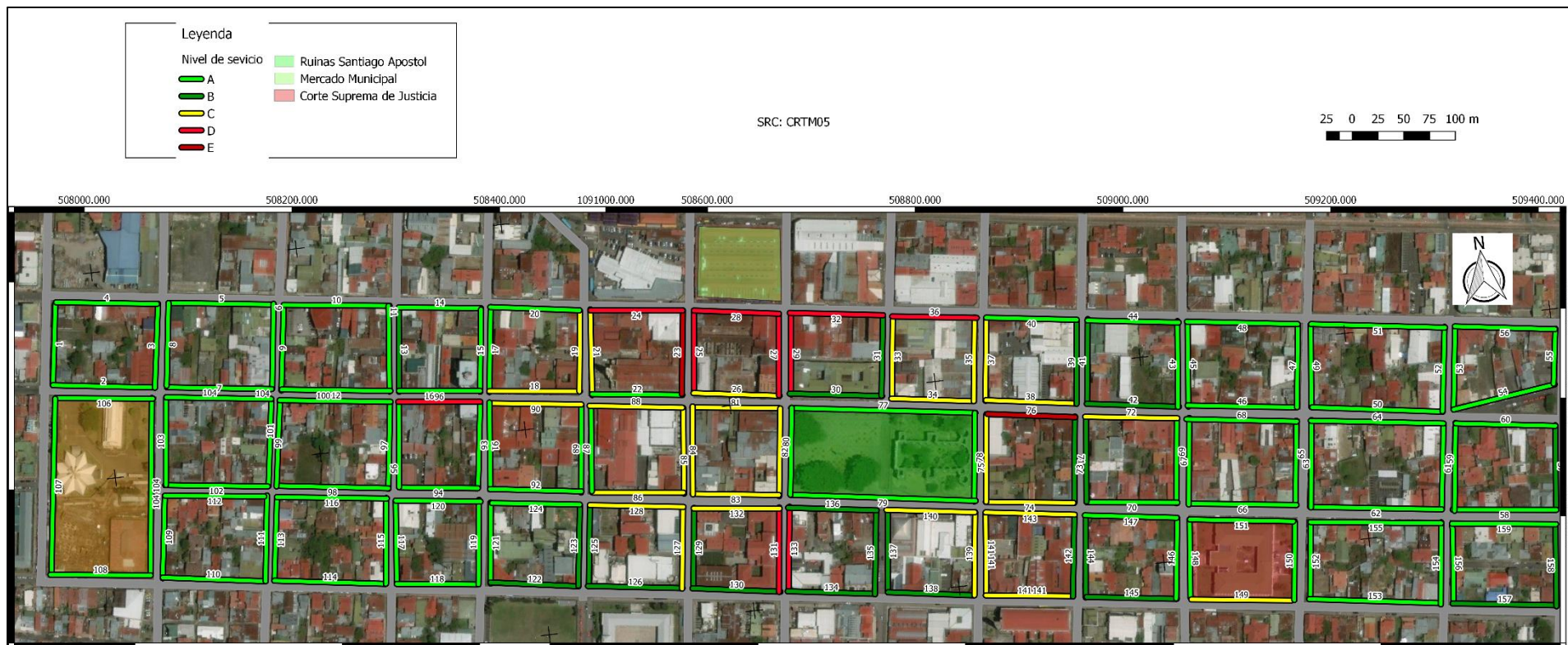


Figura 30. Tipo de nivel de servicio de aceras en Cartago.

Calculando los flujos peatonales que están en función del ancho libre de acera, se encontró que, si se procediera a quitar los obstáculos de las aceras, los niveles de servicio mejorarían notablemente.

Si se recalcula el flujo de aceras asumiendo que se remueven los obstáculos peatonales, se obtuvo que 35% de las aceras clasificadas como tipo B, pasarían a tener flujos menores y por tanto se reclasificarían como tipo A. De las aceras clasificadas de tipo C, 18% serían reclasificadas como tipo A y 71% como tipo B. Es decir, el flujo de peatones disminuiría, lo cual hace de las aceras más confortables para los peatones.

Mientras que de las previamente clasificadas de tipo D, un 20% se reclasificarían como A, un 60% como B y otro 20% de tipo C. Por su parte, para las clasificadas como tipo E, todas serían reclasificadas como tipo B.

Esto quiere decir, que no habría necesidad de ampliar el ancho de aceras que tiene un nivel de servicio de tipo D y E, sino que, con solo eliminar los obstáculos de las aceras, se crearían flujos pertinentes para la cantidad de peatones del centro de Cartago, como se muestra en la figura 31.



Figura 31. Tipo de nivel de servicio de aceras al eliminar los obstáculos peatonales en Cartago.

4.3.3.2. Potchefstroom

Para la ciudad de Potchefstroom se contabilizó la cantidad de peatones mediante la metodología descrita en la sección 3.3.10 para dicha ciudad.

Cabe destacar que la acera que presentó mayor cantidad de peatones, es la acera correspondiente a la parte central de la avenida Steve Biko, con 163 peatones en 15 minutos. Esto debido a que es la zona de la ciudad con mayor densidad comercial y educativa.

Por otro lado, la aceras con menor flujo son; la parte central de Molen y el sector oeste de Esselen, que presentan entre 16 y 21 peatones en un periodo de 15 minutos, tal y como se muestra en la figura 33.

De esta manera, el promedio de peatones en las 114 aceras en estudio es de 54 peatones en un periodo de 15 minutos, y se observa en la figura 32, que se presentan flujos pico en tres zonas específicas. Como se mencionó anteriormente, una es la parte central de la avenida Steve Biko, la segunda corresponde a la calle Meyer, debido a que en esta se encuentra la entrada principal de North West University y la tercera es, la calle Thabo Mbeki, puesto que conecta a la ciudad con otros poblados aledaños.

Además, se encontró que la zona en estudio tiene sectores de la ciudad de muy poco uso peatonal, se presentan flujos bajos. El menor presentado es de 1 peatón/minuto-metro y el mayor presentado es de 6 peatones/minuto-metro. Lo cual quiere decir que según los criterios del Highway Capacity Manual, todas las aceras en Potchefstroom son clasificadas con niveles de uso de tipo A, ya que son valores menores a 16 peatones/minuto-metro. Es decir, sus aceras brindan a sus usuarios espacio suficiente para viajar en libertad de movimiento, sin necesidad de modificar la velocidad deseada.

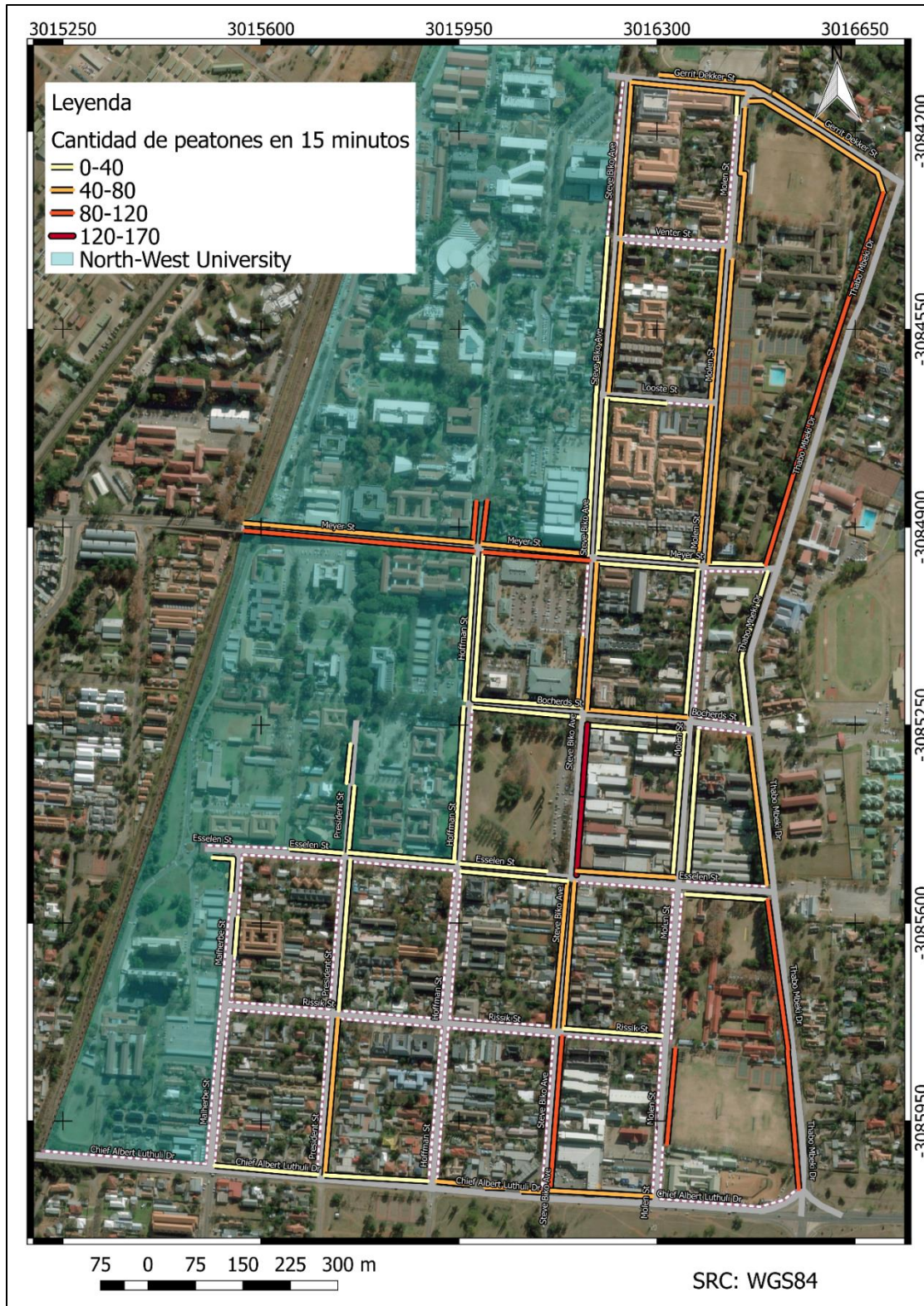


Figura 32. Cantidad de peatones en 15 minutos geográficamente referenciados en Potchefstroom.

4.3.4. Índice de condición de aceras

4.3.4.1. Cartago

En la zona de estudio de la ciudad de Cartago se encontraron un total de 823 alteraciones en las aceras (figura 36), dentro de las cuales, tal y como se muestra en la figura 33, en su mayoría son desnudamientos de acera, seguido por la presencia de huecos y el escalonamiento de aceras, mientras que la condición que menos se presentó fue la de sedimentos.

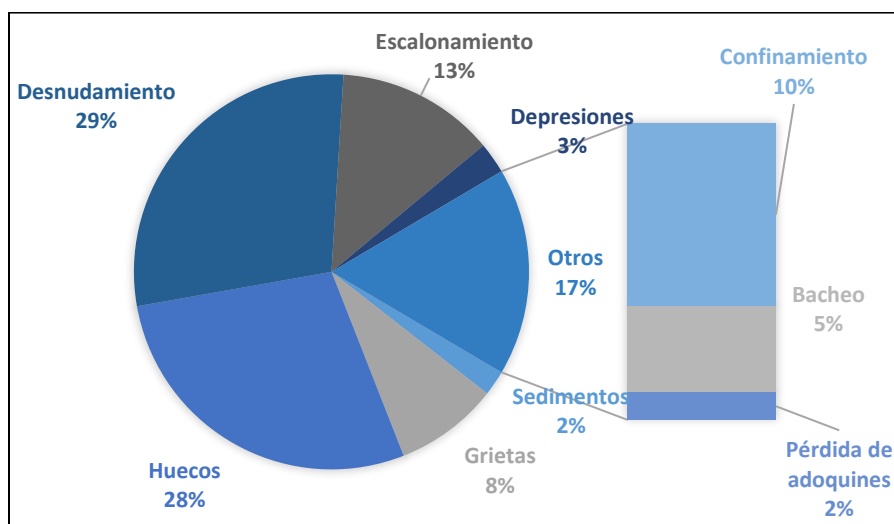


Figura 33. Porcentaje de alteraciones de condición de aceras encontradas en Cartago.

Los resultados del índice de condición de aceras se presentan en la figura 37. Además, el índice promedio de condición de aceras para esta zona de estudio es de 35,62 de 100,00. Lo cual es categorizado como bajo, es decir, que en general las aceras no se encuentran en buena condición para el tránsito peatonal. Y esto es debido a que las alteraciones de las condiciones más repetidas, presentaron indicadores negativos. Por ejemplo, el 48% del desnudamiento de aceras fue severo y el 47% fue moderado. El 30% de los huecos presentaron un ancho mayor a 30 cm, mientras que el 38% presentaron anchos de entre 10 cm y 30 cm. Asimismo, el 66% del escalonamiento de aceras encontrado presentó una altura de 5 cm o más.

Dentro de las aceras más críticas, con índices de condición de aceras de 0, se encuentra la acera 84 que presenta 4 huecos de en promedio 30,0 cm, escalonamiento de 5,0 cm, confinamiento de 1,5 cm y bacheo en mala condición. También las aceras 110 y 157 (figura 34) que presentan desnudamiento severo, escalonamiento, y 2 huecos de en promedio 35,0 cm y desnudamiento severo, respectivamente.

Por su parte, dentro de las aceras con índices de condición de 100 se encuentran; la acera 30, 108 y 151 (figura 35), entre otras que no presentan ningún tipo de alteración de condición.



Figura 34. Evidencia de la condición de aceras en las aceras 110, 84 y 157 respectivamente.



Figura 35. Evidencia de la condición de aceras en la acera 30, 108 y 151 respectivamente.

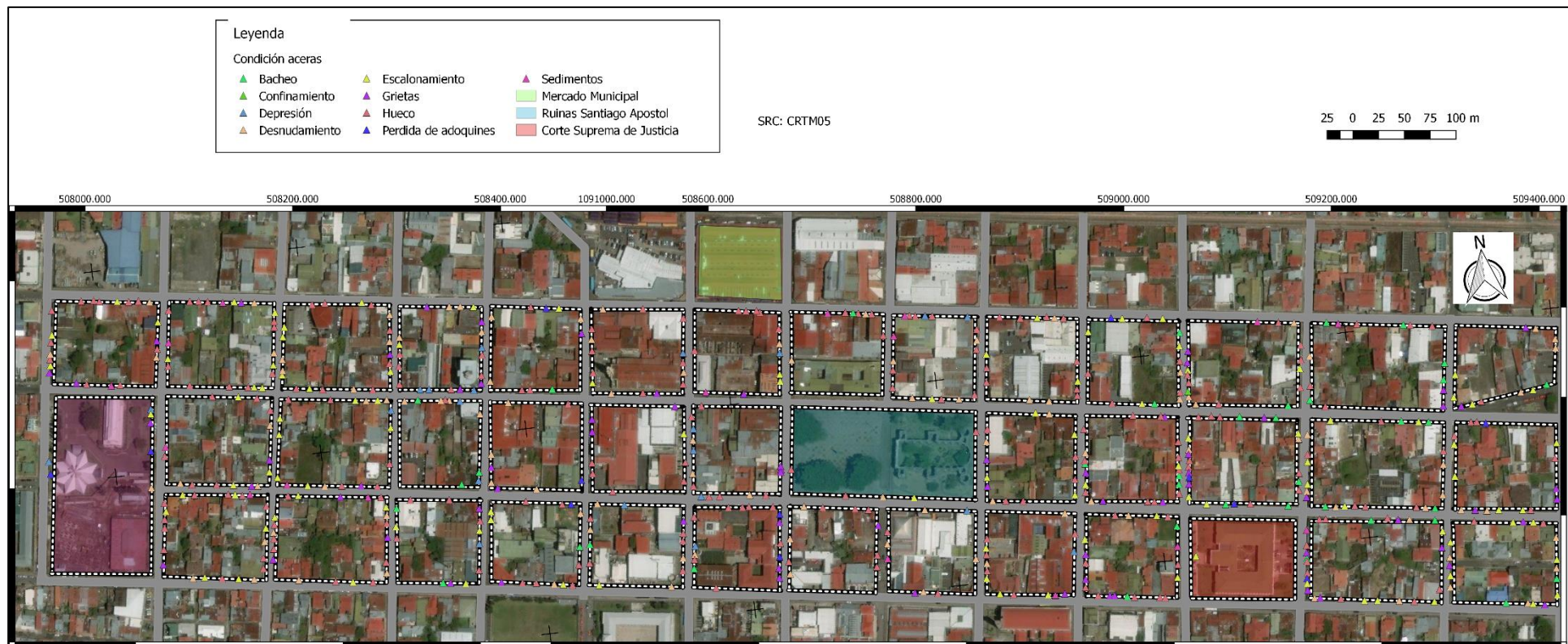


Figura 36. Resultados georreferenciados de la condición de aceras por tipo en Cartago.



Figura 37. Resultados georreferenciados del índice de condición de aceras en Cartago.

4.3.4.2. Potchefstroom

Utilizando la metodología explicada en el apartado 2.1.9 se logró determinar que el tipo de alteración más frecuente en la zona de estudio es el desnudamiento de aceras, de las cuales en el 53% de los casos se presenta de manera moderada y en 47% de manera severa. Seguidos por la presencia de huecos, del cual 45% presenta una longitud de más de 30 cm. Además, se encontró la presencia de sedimentos como arena o pasto en las aceras, de las cuales 35% cubre más de 30 cm de ancho de las aceras y el 45% cubre entre 30 cm y 10 cm de su respectivo ancho. Tal como se muestra en la figura 38.

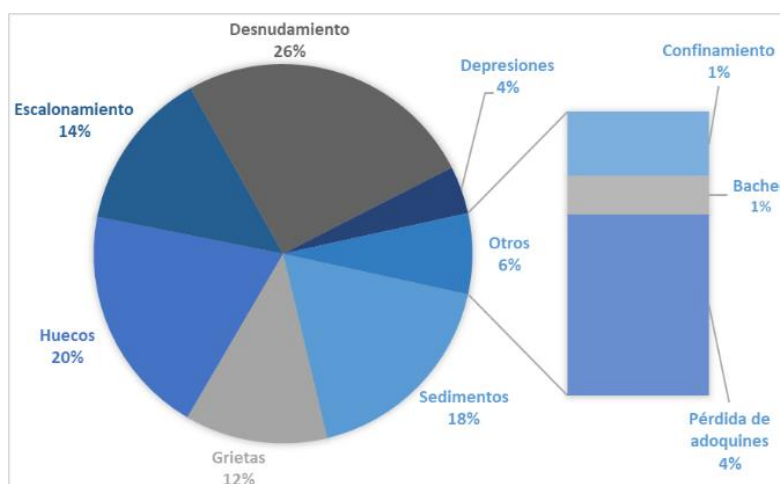


Figura 38. Tipos de condición de aceras encontradas por porcentaje en Potchefstroom.

El promedio general de índice de condición de aceras de la ciudad es de 68,37 de 100,00. El cual cabe dentro de la categoría de moderado y en general indica que la condición de las aceras en Potchefstroom no son deficientes, pero tampoco promueven de manera eficaz la caminabilidad en la ciudad. Además, el índice de condición de aceras para cada una de las aceras se presenta en la figura 42.

Las aceras más críticas son las que se ubican en Meyer St, en las cuales predomina el desnudamiento severo de aceras y depresiones. Así como las aceras en mejor condición son las que se encuentran a lo largo de Alberth Luthuli St y Gerrit Dekker St como se muestra en la figura 41.



Figura 39. Evidencias de condición de acera en Meyer St.

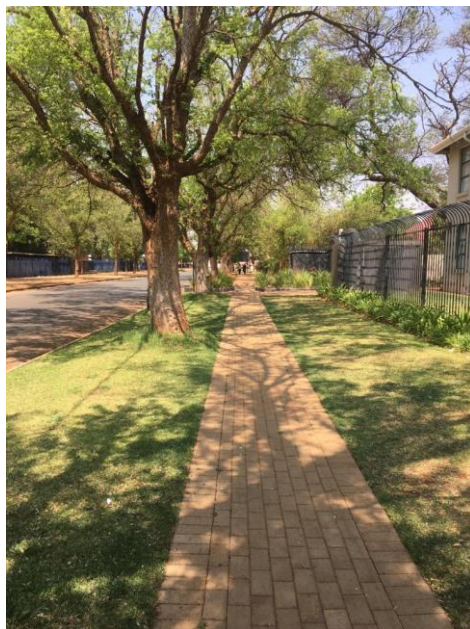


Figura 40. Evidencias de condición de acera en Gerrit Dekker.

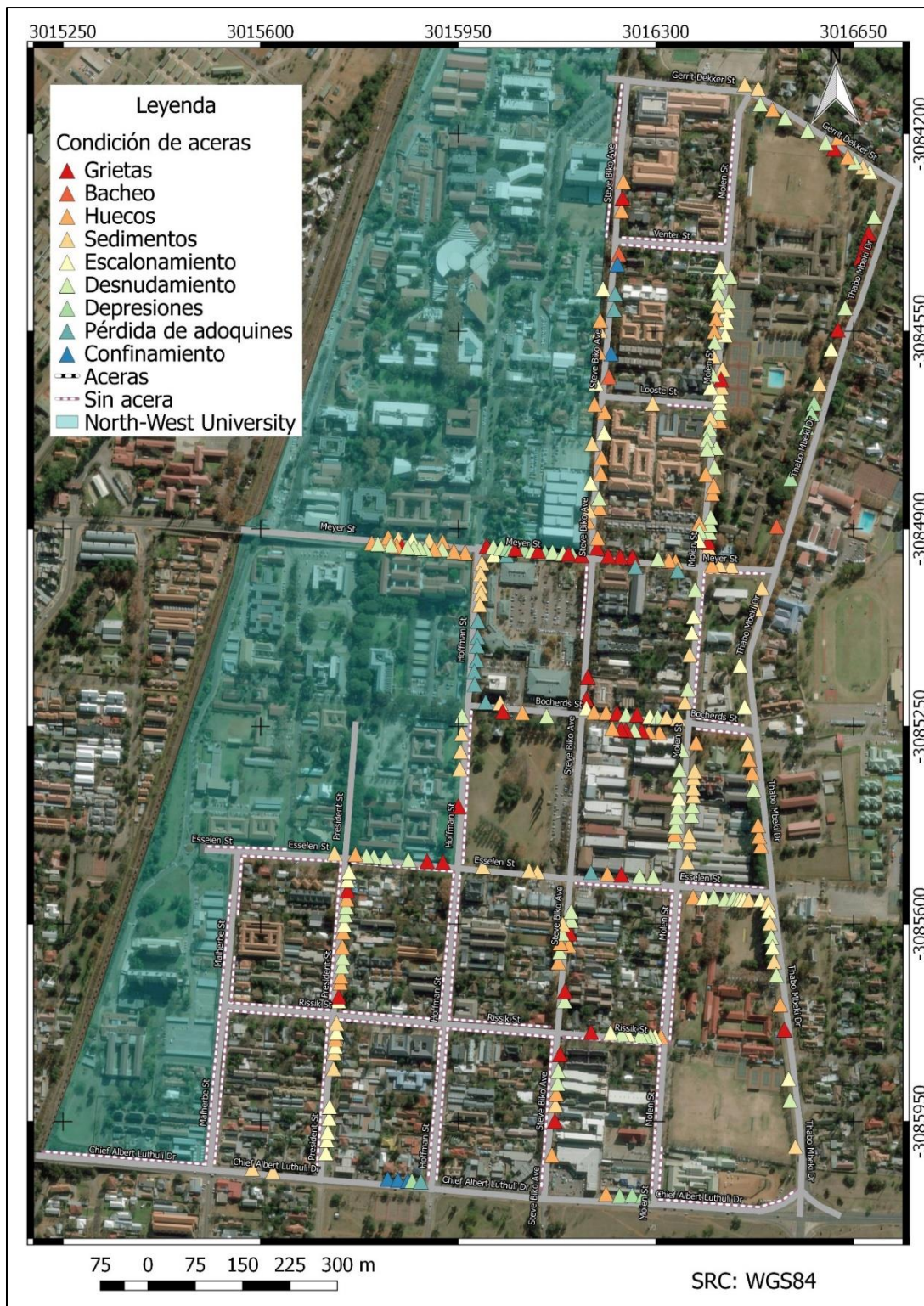


Figura 41. Resultados georreferenciados de condición de aceras por tipo en Potchefstroom.

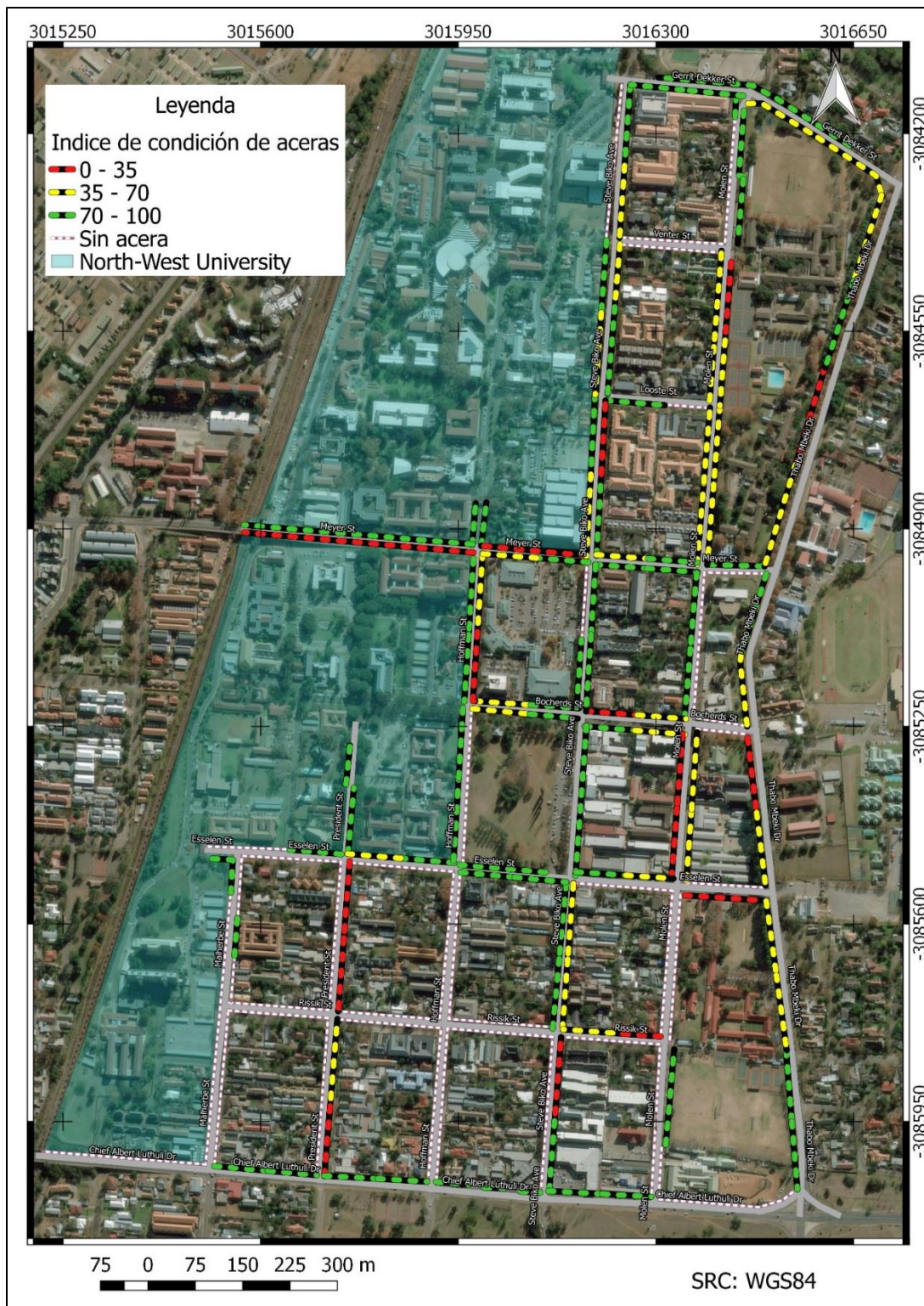


Figura 42. Resultados georreferenciados del índice de condición de aceras en Potchefstroom.

4.3.5. Índice de accesibilidad peatonal

La movilidad peatonal incluye diferentes tipos de transporte que no solo refieren al hecho propiamente de caminar, sino también personas en sillas de ruedas, scooters motorizados y no motorizados, así como dispositivos con ruedas tales como patines y patinetas (Victoria Government, 2010).

También, cabe mencionar que la caminabilidad se basa en el principio de la equidad social lo que significa que una ciudad caminable debe ser igualmente accesible para todos los ciudadanos.

4.3.5.1. Cartago

En la zona de estudio de Cartago se identificaron un total de 160 lugares en los que deben existir rampas, según la Ley 7600, pero un 6% carecen de éstas.

Además de las 153 rampas identificadas, 41 están en mal estado, es decir, no presentan un ancho mínimo de 1,2 m, no son lisas o presentan gradientes mayores al 10%. Mientras que el resto 112 cumplen con estos requisitos.

Además, del total de 160 aceras en estudio, 88% no presenta ningún tipo de indicadores táctiles para no videntes, mientras que un 9% sí, sin embargo, no de manera continua sobre la longitud completa de la acera, mientras que solo 3% sí presentan indicadores táctiles de manera continua. Esto quiere decir que, del total de 14,4 km de longitud de aceras en estudio, solo 1,2 km son adecuados para personas con discapacidad visual.

Por lo anteriormente indicado, la zona en estudio presenta un promedio de índice de accesibilidad de 45,50 de 100,00. El cual es categorizado como moderado.

Entre las aceras más críticas se encuentran, la 15, 32, 56, 84, 144 y 157 (figura 43), como se muestra en la figura 45. Debido a que presentan índices de accesibilidad de 0, puesto que no presentan ni rampas ni indicadores táctiles para no videntes.

Mientras que, entre las aceras con mejor índice de accesibilidad se encuentran; de la 148 a la 151 (figura 44), que representan la cuadra que rodea la Corte Suprema de Justicia, la cual

presenta rampas en todas sus esquinas y además posee indicadores táctiles en toda su longitud. Aunado a estas la acera 108 también presenta un índice de accesibilidad ideal, la cual se ubica al costado sur del parque de la Iglesia María Auxiliadora.



Figura 43. Evidencia de accesibilidad en las aceras 56, 84 y 144 respectivamente.



Figura 44. Evidencia de accesibilidad en las aceras 151, 37 y 38 respectivamente.



Figura 45. Resultados georreferenciados del índice de accesibilidad en Cartago.

4.3.5.2. Potchefstroom

El promedio general del índice de accesibilidad en Potchefstroom es de 28,95 de 100,00. Esto se debe a que como se muestra en la figura 46, no existe una sola acera a lo largo de la ciudad con un índice de accesibilidad mayor a 50 debido a la carencia total de losas táctiles para no videntes a lo largo de toda el área de estudio.

Esta ciudad solamente presenta 66 rampas de 104 que deberían de existir por ley, lo cual significa que solo el 57,9% de las aceras presentan rampas las cuales se encuentran en buena condición.

Es importante mencionar que existe una zona crítica con un índice de obstáculos en un área muy vulnerable de la ciudad la cual es la entrada norte de North West University, entre Gerrit Dekker y Steve Biko Ave. Mientras que la acera con mejor índice de accesibilidad se encuentra en Meyer St.

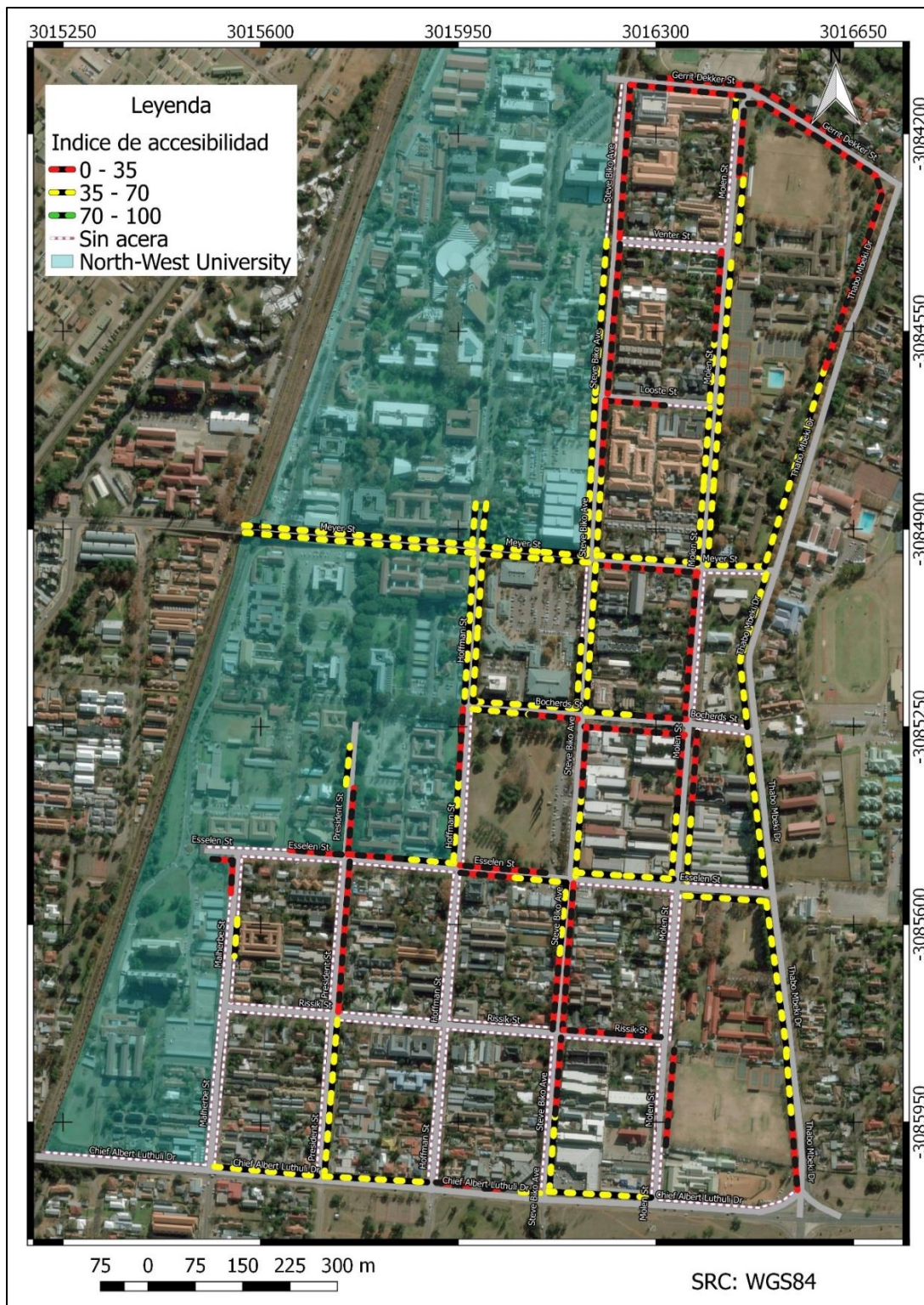


Figura 46. Resultados georreferenciados del índice de accesibilidad en Potchefstroom.

4.3.6. Índice de cruces

Los cruces peatonales son áreas designadas para el tráfico peatonal con el objetivo de incrementar la seguridad de los transeúntes y que regula el flujo del tráfico vehicular (Muhammad et al, 2006). Son absolutamente vitales en la caminabilidad de una ciudad debido a la importancia de la seguridad del peatón y el factor confort.

4.3.6.1. Cartago

El índice de facilidad de cruce para la zona en estudio de Cartago, es de 23,60 de 100,00. Y esto es debido a que, de las 160 aceras analizadas, el 76% no presentan ningún tipo de ayuda de cruce para el peatón, mientras que, como muestra la figura 48, el 22% de las aceras presentan semáforos para el cruce de peatones y solo un 2% presentan pasos peatonales y reductores de velocidad (figura 47).

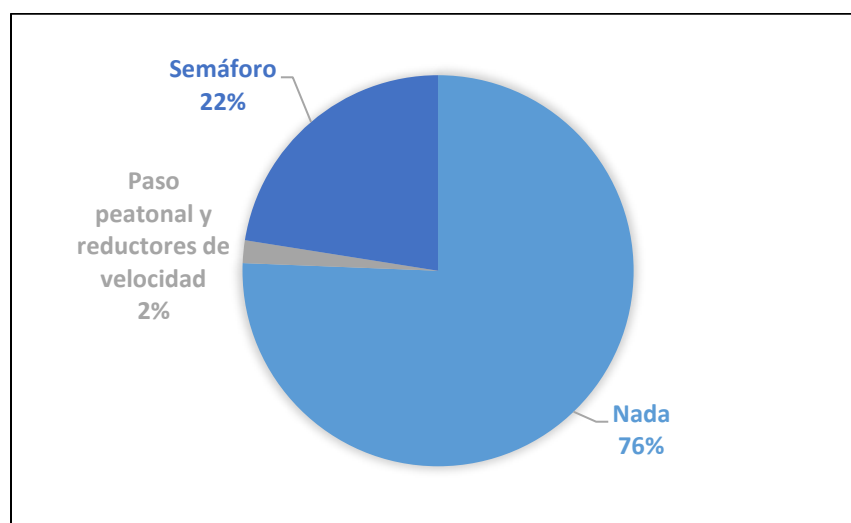


Figura 47. Porcentaje de facilidad de cruce encontrados en la ciudad de Cartago.

Como se puede apreciar en la figura 48, entre más se aleja del centro de la ciudad, menos índice de facilidad de cruce existe, formando así tres zonas críticas. La primera corresponde al este de la ciudad, alrededor de la acera 60 y 58, puesto que presenta centros educativos aledaños y carece de tipos de ayuda de cruce. Asimismo, con en la zona oeste de la ciudad, alrededor de las aceras 91 y 93, la cual carece de facilidad de cruce en aproximadamente 500 m de longitud, aun cuando este sector es de mucho tránsito vehicular puesto que se ubica en la salida de la provincia de Cartago a San José. Mientras que la tercera zona crítica se ubica

en el centro, cerca de las aceras 38 y 72 debido a que a pesar de que se encuentra cercano al parque de Las Ruinas Santiago Apóstol, uno de los lugares más concurridos de la ciudad, no presenta algún tipo de paso peatonal o semáforo.



Figura 48. Resultados georreferenciados del índice de cruces en Cartago.

4.3.6.2. Potchefstroom

El índice general de facilidad de cruce para Die Bult es de 27,09 de 100,00. El cual es categorizado como bajo y se debe a que el 61% de las aceras no tienen ningún tipo de señalización para el cruce de calles.

También, como se muestra en la figura 49 el tipo de señalización más usada son pasos peatonales, el cual es presentado en 22% de las aceras del área en estudio.

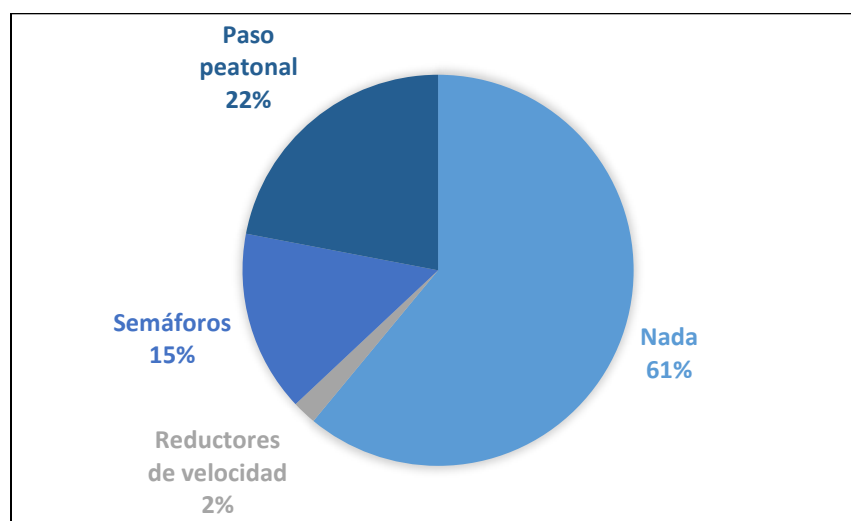


Figura 49. Tipos de señalización de cruce encontrados por porcentaje en Potchefstroom.

Es importante mencionar que el área con el índice de cruce más alto es la intersección entre Meyer St y Steve Biko Ave en el cual se encuentran semáforos peatonales. Por el contrario, President St (entrada principal de North-West University), Steve Biko Ave (Avenida comercial), Esselen St, Gerrit Dekker St (Entrada norte de North-West University) y Bocherds St son los casos críticos puesto que no presentan algún tipo de señalización para el cruce, tal y como se muestra en la figura 50.

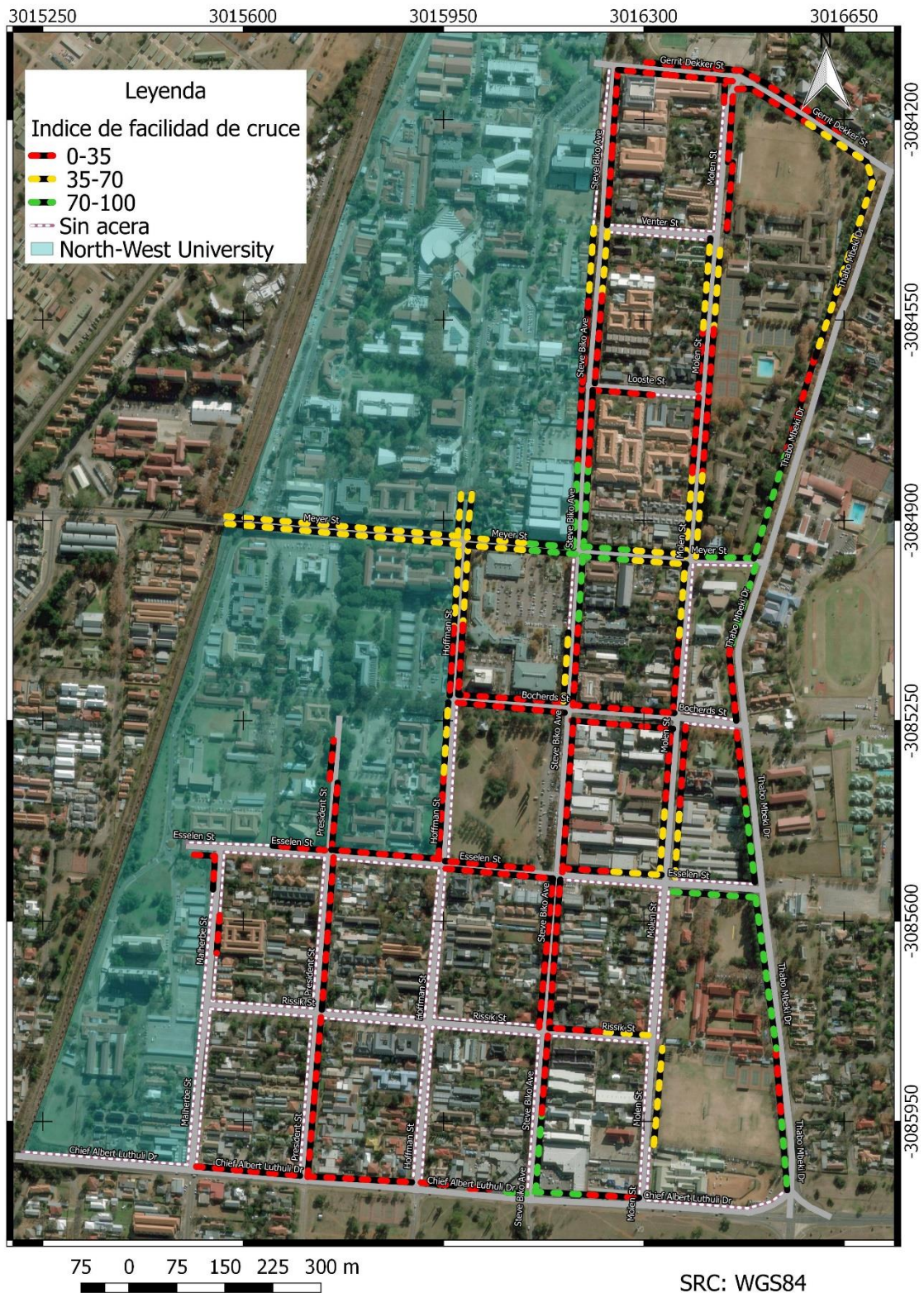


Figura 50. Resultados georreferenciados del índice de cruces en Potchefstroom.

4.3.7. Índice de arbolado y techos

La presencia de arbolado incrementa la caminabilidad del lugar por tres principales razones, brinda sombra a los peatones evitando el contacto directo con los rayos ultravioleta, además, tienden a refrescar el ambiente hasta en 8°C y se han encontrado estudios en donde se demuestran correlaciones estadísticas entre la disminución de velocidad de circulación de los automóviles y la presencia de árboles en los entornos urbanos (Speck, 2013).

4.3.7.1. Cartago

Como se muestra en la figura 53, se encontró un total de 21 árboles relacionados con la caminabilidad alrededor de toda la ciudad de Cartago. De los cuales, el 33% presenta una copa de longitud entre 1 m y 3 m, otro 33% presenta una copa de longitud entre 3 m y 15 m, y el otro tercio presenta una copa de entre 15 m y 18 m de longitud.

Debido a esta carencia de arbolado en la mayoría de la ciudad, Cartago presenta un promedio general de índice de arbolado de 1,70 de 100,00. Como se muestra en la figura 54, solamente en 2 aceras de 160 en estudio presentan una moderada o buena cantidad de arbolado a lo largo de su longitud. Una es la acera oeste del parque de Las Ruinas Santiago Apóstol, y la otra es la acera oeste del parque de la Iglesia María Auxiliadora. La primera, presenta 3 árboles que en total cubren un 65% de la longitud de acera, mientras que la segunda presenta un total de 7 árboles que cubren apenas un total 13% de su longitud. Además, de las 160 aceras en estudio, solo en 10 existe al menos un árbol a lo largo de estas.

Sin embargo, también se realizó el cálculo del índice de techo, el cual presenta un promedio general de 26.12 de 100.00. Esto debido a que, del total de aceras en estudio, 29% no presentan ningún tramo de techo en su longitud. Mientras que de las restantes 114 aceras que sí lo tienen, solo el 7% tienen una longitud de techo mayor al 70% de la longitud de acera, que es el criterio mínimo acordado.

Con estas dos variables, se determinó el índice de techo y arbolado, el cual es de 27,00 para toda la ciudad. Entre las aceras con mejor índice se encuentran la acera 87 representada en la figura 51, que presenta techo aproximadamente el 80% de su longitud. Así como también la acera 80 que presenta tres árboles que cubren aproximadamente 15 m cada uno. Por el

contrario, existe un total de 39 aceras sin ningún tipo de techado ni arbolado y que por lo tanto obtuvieron un índice de 0, dos de ellas representadas en la figura 52.

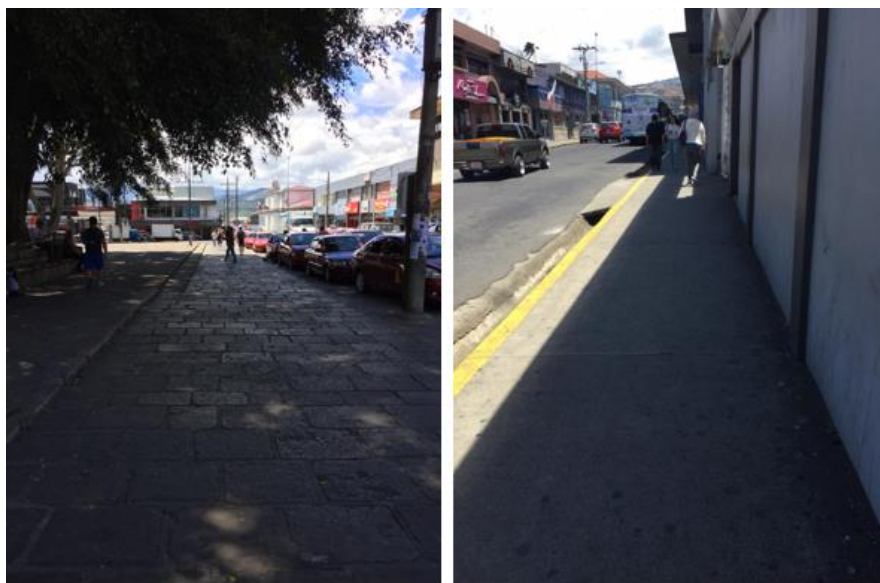


Figura 51. Evidencia de techo y alumbrado en la acera 80 y 87.



Figura 52. Evidencia de la carencia de techo y arbolado en la acera 148 y 108 respectivamente.



Figura 53. Resultados georreferenciados de arbolado por longitud de copa en Cartago.



Figura 54. Resultados georreferenciados del índice de arbolado en Cartago.

4.3.7.2. Potchefstroom

Se encontró un total de 726 árboles relacionados con la infraestructura peatonal a lo largo de la ciudad (figura 56). De los cuales, 30% presenta una longitud de copa entre 1 y 7 metros, 54% entre 7 y 14 metros, y 15% entre 14 y 20 metros.

El promedio del índice de arbolado general a lo largo de la ciudad es de 80,50 de 100,00. Lo cual indica que existe una alta densidad de árboles a lo largo de la mayoría de aceras, tal y como se muestra en la figura 57.

En la ciudad de Die Bult el 68% del total de aceras presentan sombra por arbolado en más del 40% de su longitud. Asimismo, a lo largo de Albert Luthuli St este parámetro no es satisfecho mientras que Meyer St, en donde el índice es muy bajo, se presentan árboles, pero a aproximadamente 30 m de la infraestructura peatonal, por lo que no influyen en la caminabilidad del lugar en estudio.

Por último, en la zona de estudio de Potchefstroom no existe ningún tipo de techo que influya en la caminabilidad de las aceras.



Figura 55. Evidencia de arbolado en la calle Steve Biko Ave norte, Molen norte y Thabo Mbeki norte respectivamente.



Figura 56. Resultados georreferenciados de arbolado por longitud de copa en Potchefstroom.



Figura 57. Resultados georreferenciados del índice de arbolado en Potchefstroom.

4.3.8. Índice de alumbrado

De acuerdo con el Departamento de Transporte de E.E.U.U el alumbrado en la ciudad incrementa la seguridad tanto para los peatones como para los conductores, y es específicamente crucial para las personas mayores. El beneficio de una correcta colocación del alumbrado está directamente relacionado con la disminución accidentes de tráfico (2005). Además, diferentes estudios indican que “a lo largo de cuatro décadas en Estados Unidos y el Reino Unido, el crimen decrece hasta 21% en áreas que experimentan mejoras en el alumbrado público comparado en áreas donde no se presentan modificaciones” (Welsh, 2008).

4.3.8.1. Cartago

En la zona de estudio de la ciudad de Cartago, tal y como se ilustra en la figura 59, se contabilizaron un total de 248 postes de alumbrado eléctrico, de los cuales solamente 9 cumplen con las características de ser específicamente peatonales, es decir, estar a una altura de aproximadamente 5 m. Además, los postes de alumbrado presentaron un promedio de luminosidad de 8 lux.

El índice de alumbrado de la ciudad presenta un promedio general de 19,50 de 100,00. El cual es categorizado como bajo debido a que el 49% de las aceras en estudio presentan distancias de postes mayores a 40 m, lo cual provoca puntos de oscuridad entre estos, empeorando la seguridad del peatón debido a la escasa visibilidad. Aunado a esto, solo el 12% de las aceras presentan distancias adecuadas entre los postes de alumbrado público, tal y como se observa en la figura 58. Además, se encontró que en general existen 1,6 luminarias por acera.

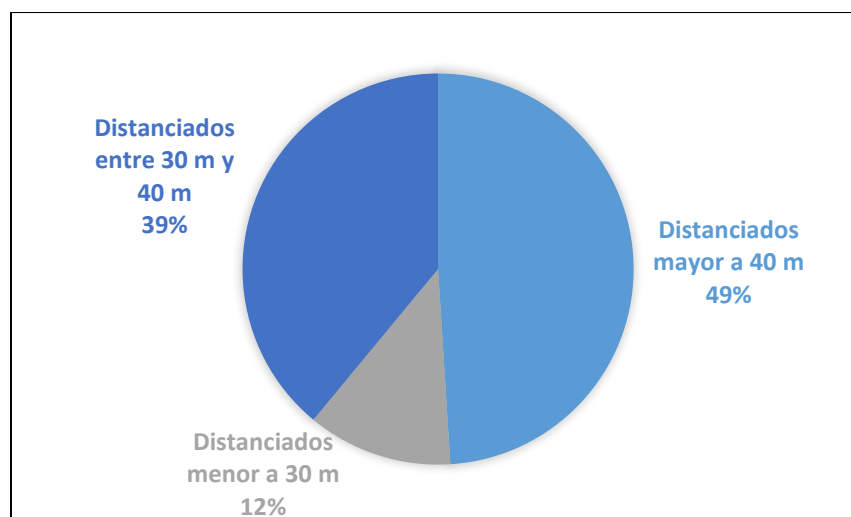


Figura 58. Distancias entre lámparas de alumbrado por porcentaje en Cartago.

Entre las aceras con mejor índice de se encuentra la acera 18, y 38, que presentan distancias de postes de alumbrado de 30 m, como se muestra en la figura 60. Mientras que se presentan 79 aceras con un índice de alumbrado de 0.

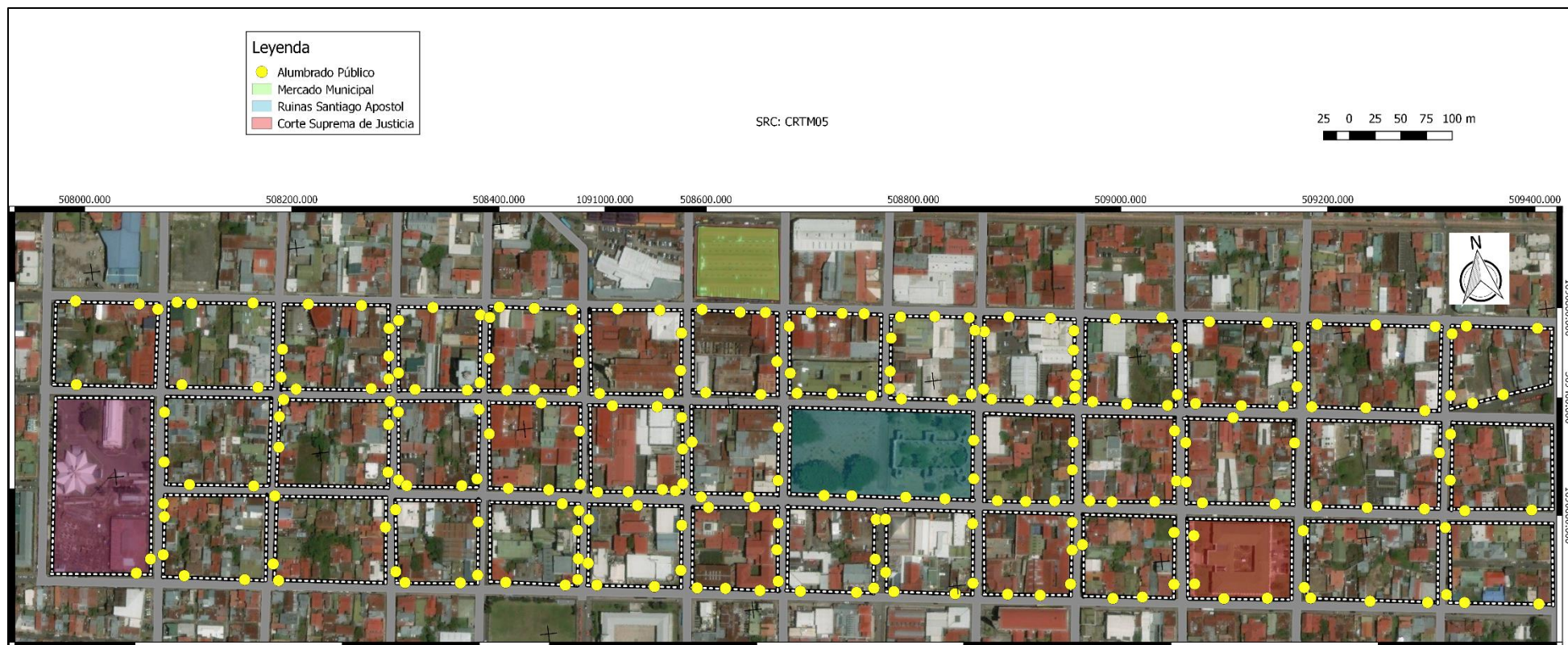


Figura 59. Resultados georreferenciados de alumbrado peatonal en Cartago.

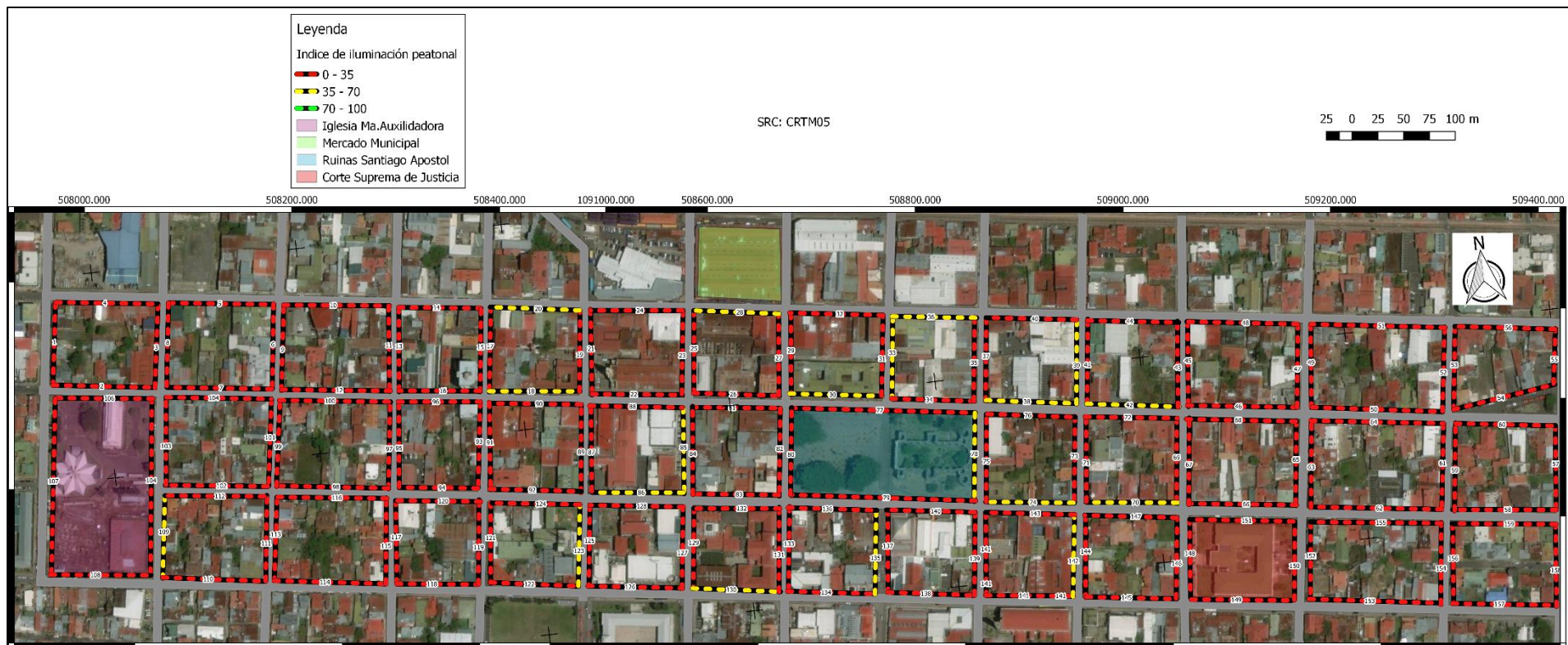


Figura 60. Resultados georreferenciados del índice de iluminación peatonal en Cartago.

4.3.8.2. Potchefstroom



Mediante las inspecciones realizadas utilizando la metodología explicada en la sección 3.3.3 se encontró un total de 294 lámparas peatonales de las cuales 165 están localizadas en aceras. Esto significa que existen 129 lámparas peatonales que no están siendo utilizadas pues no existe infraestructura peatonal en tales lugares, principalmente a lo largo de Hoffman St.

En la figura 61 se muestra que, aunque existen 165 lámparas peatonales a lo largo de Die Bult el índice de alumbrado es bajo en la mayoría de aceras. Esto es debido a que a la distancia de separación entre ellos no cumple con los parámetros regulados por su intensidad luminosa. El promedio del índice general de alumbrado es de 23,24 de 100,00. Además, se encontró que en general existen 1,5 luminarias por acera.

Como se muestra en la figura 62, la avenida Steve Biko es la calle con mejor iluminación peatonal, mientras que Thabo Mbeki St, Meyer St, Albert Luthuli and President St presentan una carencia de este tipo de iluminación.

Las mediciones de luminosidad de acuerdo a los criterios metodológicos establecidos en la sección 3.4.3 se presentan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Resultados de luminosidad por tipo de lámpara en Potchefstroom.

Tipo de lámpara	Medición
Lámpara tipo 1	10 Lux
	
Lámpara tipo 2	7 Lux
	

Los dos tipos de lámparas se encuentran cerca del rango recomendado de 20 a 5 lux. Estas permiten la orientación fácil y segura de los peatones, así como también permiten buenas condiciones para el reconocimiento de obstáculos (CFIA, 2013).

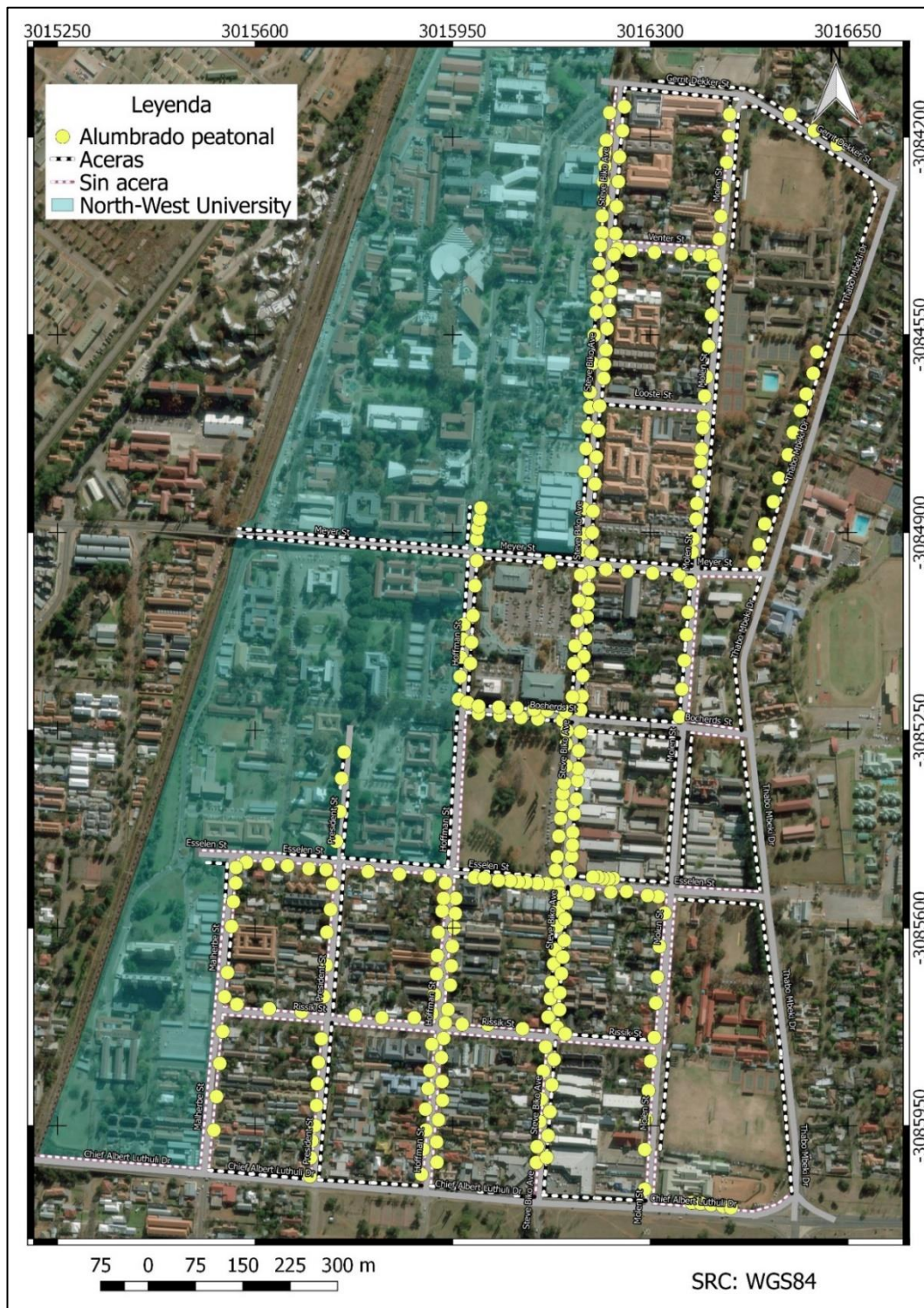


Figura 61. Resultados georreferenciados de alumbrado peatonal en Potchefstroom.

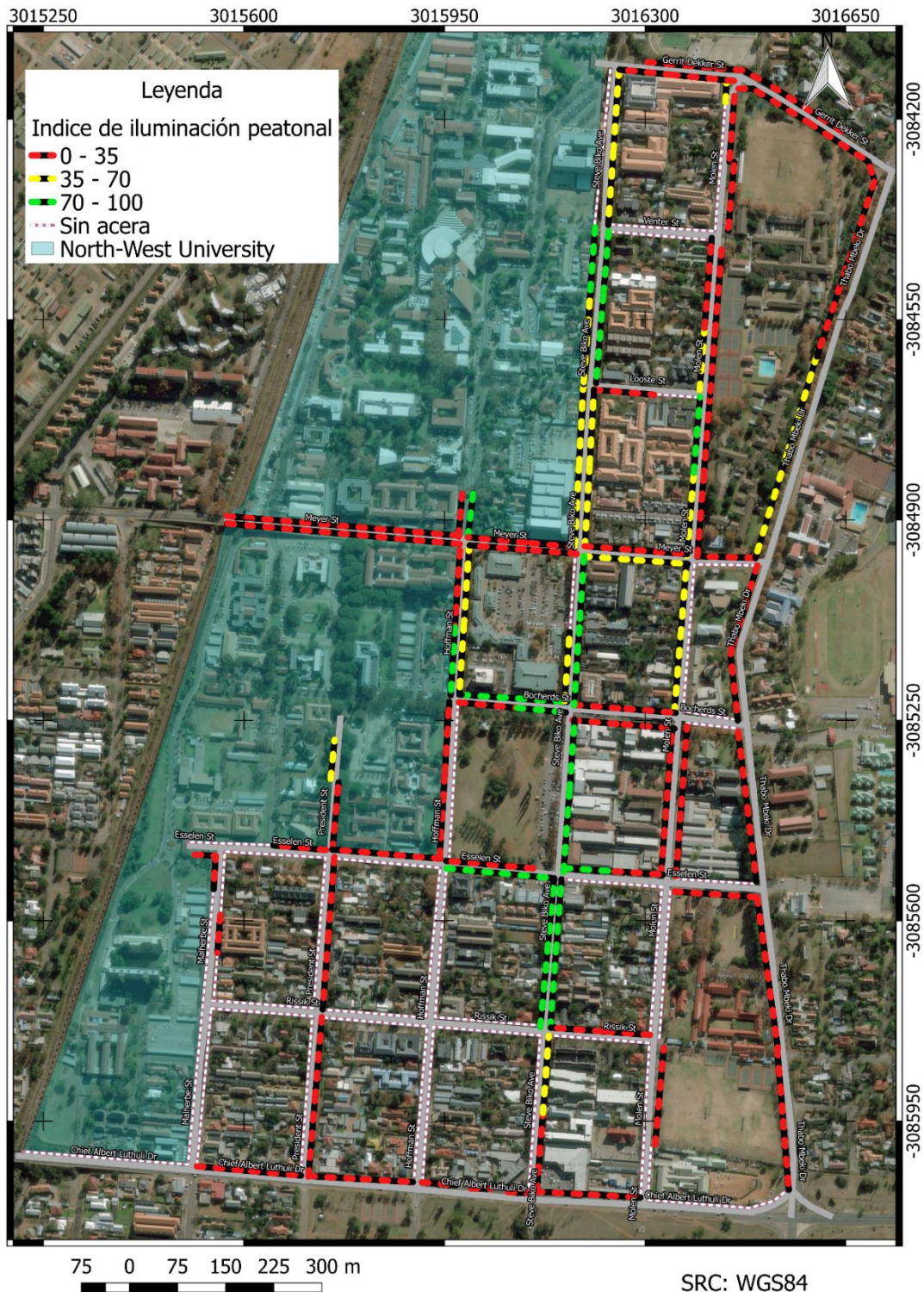


Figura 62. Resultados georreferenciados del índice de iluminación peatonal en Potchefstroom.

4.3.9. Índice de uso mixto de suelos

La ONU-Habitat (2018) indica que un uso mixto de suelos debe ser el modelo urbanístico ideal porque presenta muchos beneficios sociales y económicos, pero en temas de movilidad también, ya que el uso mixto atenúa la demanda general de transporte, acortando la distancia promedio de viaje y reduciendo el uso del automóvil. Además de minimizar los requerimientos de infraestructura vial y reducir la cantidad de suelo asignado para el estacionamiento. El uso mixto además proporciona un mayor fundamento para el uso del transporte público, caminar y usar la bicicleta.

4.3.9.1. Cartago

Al determinar las distancias entre los diferentes tipos de actividades y cada una de las aceras en estudio, como se ilustra en la figura 63, se determinó que en promedio los centros de salud se encuentran a una distancia de 620 m a cada una de las aceras, lo cual, si bien no cumple con el rango preferible que es de menos de 500 m, se encuentra dentro del aceptable que es de 500 m a 1000 m establecidos por La guía de inventario y evaluación de aceras del Programa de Infraestructura del Transporte (2017). Por otra parte, el promedio de distancia entre las aceras y los suelos destinados a actividades recreativas es de 642 m, el cual se encuentra también dentro del rango aceptable de 500 m a 1000 m.

La distancia promedio a las zonas de alta densidad comercial es de 497 m, la cual cumple con el límite mínimo deseado de 500 m. Por otra parte, las distancias promedio entre las aceras y los usos de tierra de servicios gubernamentales y educativos, son de 474 m y 692 m, respectivamente, cumpliendo con los rangos mínimos deseados.

Sin embargo, la distancia promedio entre las aceras y las zonas de alta densidad residencial es de 1469 m, el cual sobrepasa los límites mínimos deseados de 500 m. Lo cual quiere decir que si bien, la ciudad es mixta en los demás tipos de actividades, la mayoría de personas se deben de trasladar distancias largas, lo cual genera el uso de tipos de movilidad no peatonales.

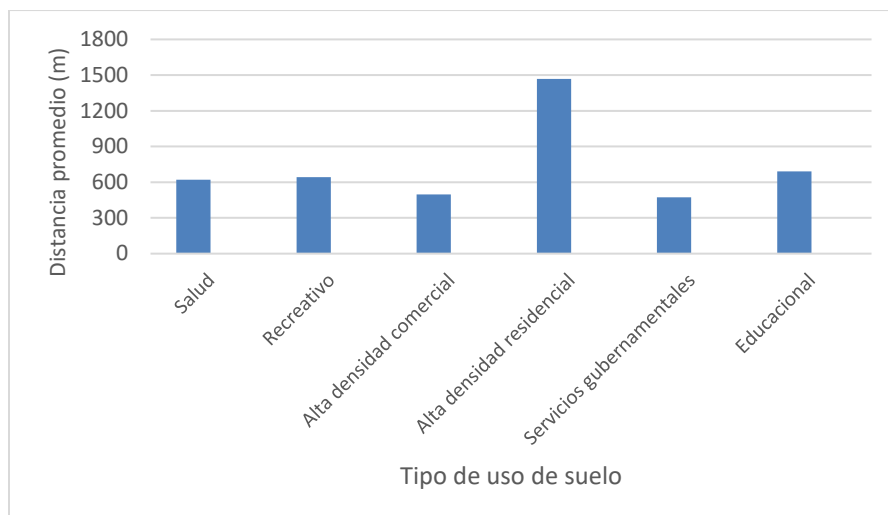


Figura 63. Promedio de distancia entre las aceras y los tipos de uso de suelo en Cartago.

Asimismo, al calcular el índice de proximidad a usos de suelo mixtos, se tiene que, las actividades de salud, recreación y educación presentan índices de caminabilidad altos mayores a 70. Mientras que las actividades de alta densidad comercial y servicios gubernamentales presentan índices moderados de proximidad de 57 y 65 respectivamente. Y como se presenta en la figura 64, el índice promedio para las zonas de alta densidad residencial es de 0.

Obteniendo así un índice global de proximidad de 63.60 de 100.00 para la ciudad de Cartago.

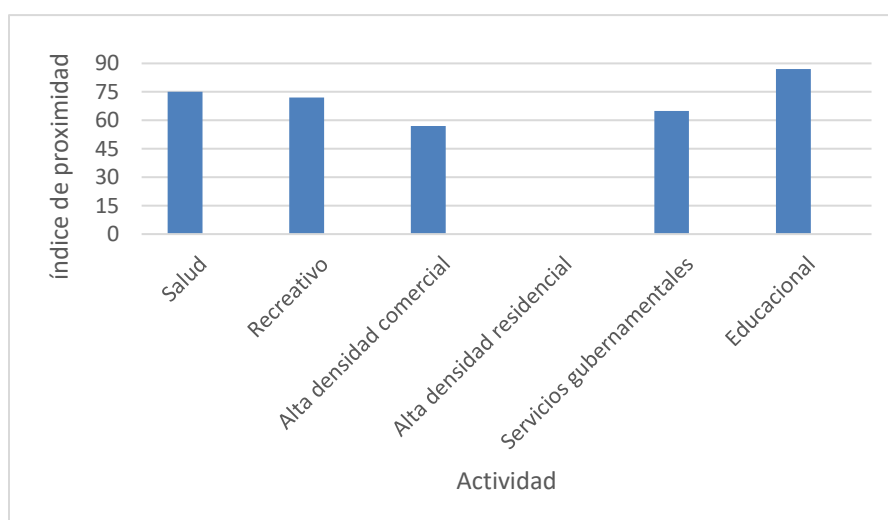


Figura 64. Promedio del índice de proximidad por uso de tierra en Cartago.

Como se observa en la figura 65, la zona de estudio tiende a presentar usos de tierra muy mixtos en el centro de la ciudad y conforme se aleja, esta característica se presenta cada vez con menos intensidad. Esta particularidad es típica de ciudades centralistas, las cuales a posteriori presentan problemas de movilidad, debido a que, para trasladarse de un tipo de actividad hacia otro, las distancias suelen ser largas, puesto que sus diferentes usos de suelo se concentran en un radio muy corto.

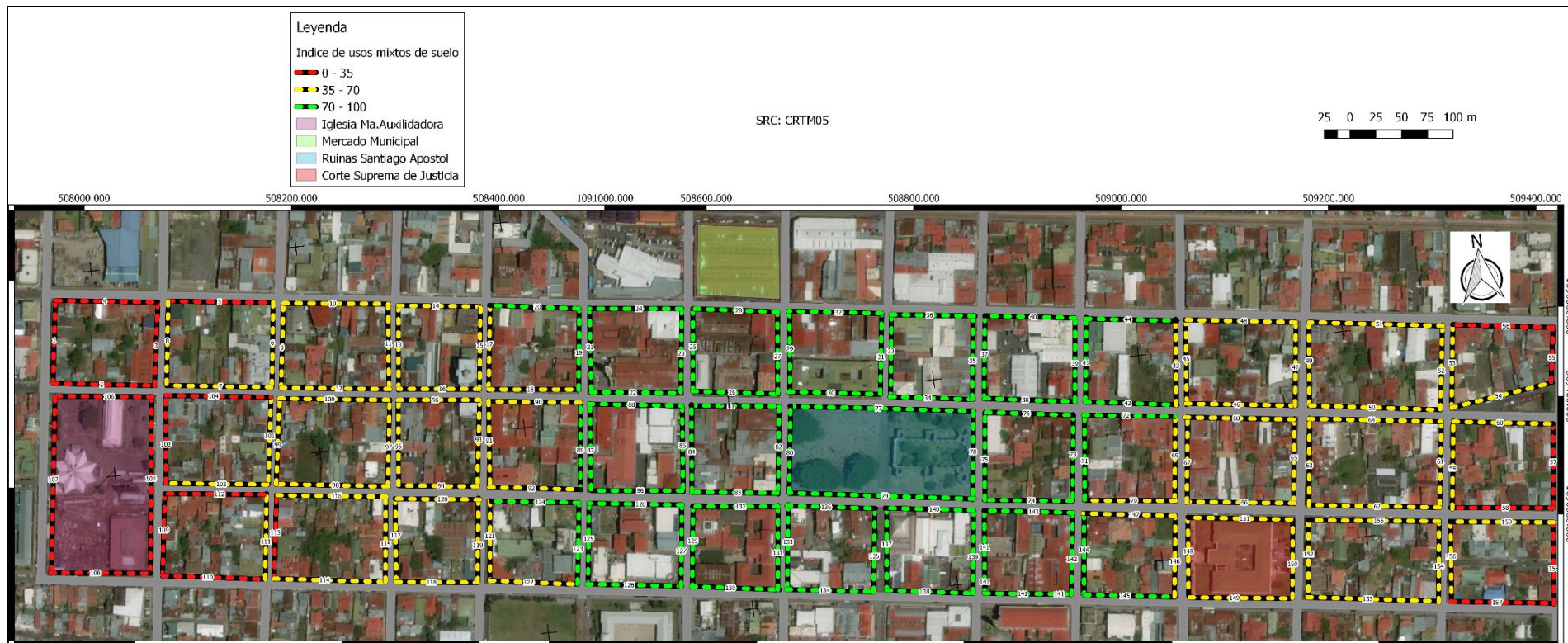


Figura 65. Resultados georreferenciados del índice de proximidad a usos de tierra mixtos en Cartago.

4.3.9.2. Potchefstroom

Para el cálculo del índice de uso de suelo mixto se utilizó la metodología descrita en la sección 3.3.7.

Se determinó que la distancia más larga desde las aceras hasta los usos de tipo salud es de 637 m, el cual se encuentra dentro de los rangos aceptables, que es de 500 m a 1000 m. La distancia más larga hasta los usos de tipo recreativo es de 695 m la cual se encuentra también dentro de los rangos aceptables que son de 500 m a 1000 m (figura 67).

Por otra parte, la distancia más larga de las aceras hasta los usos de tierra de tipo de alta densidad comercial es de 896 m, y aunque se encuentra fuera de los rangos establecidos (500 m), el 83% de las aceras se encuentran a una distancia de 500 m o menor. Los usos de tierra de tipo residencial se encuentran todos en un rango menor a 500 m que es el recomendado. Los mismo sucede con los usos de tierra de tipo educativo, todos se encuentran menor a los rangos establecidos, los cuales son de 500 m -2000. Mientras que para los usos de tierra de tipo servicios gubernamentales, el 95% se encuentra a distancias menores de 500 m.

Como se muestra en la figura 67, el uso de tierra más cercano para todas las aceras es de tipo educativo y de tipo residencial. Mientras que el uso de tierra que en promedio se encuentra más lejano a las aceras de la ciudad en estudio son de tipo gubernamental y comercial.

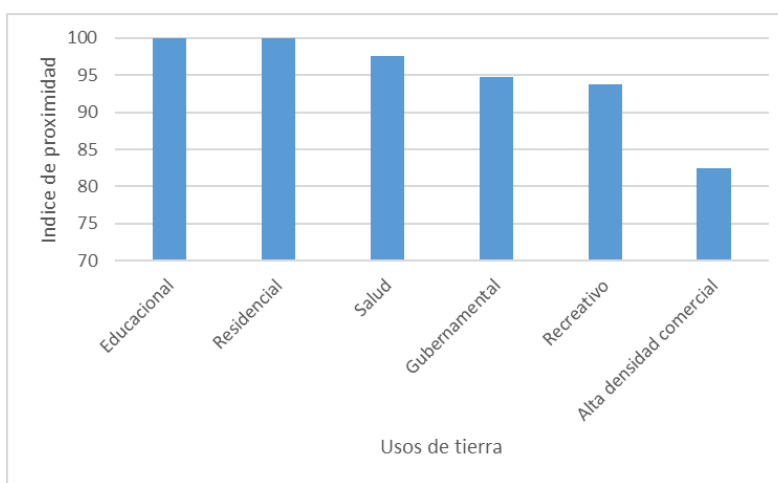


Figura 66. Promedio del índice de proximidad por uso de tierra en Potchefstroom.

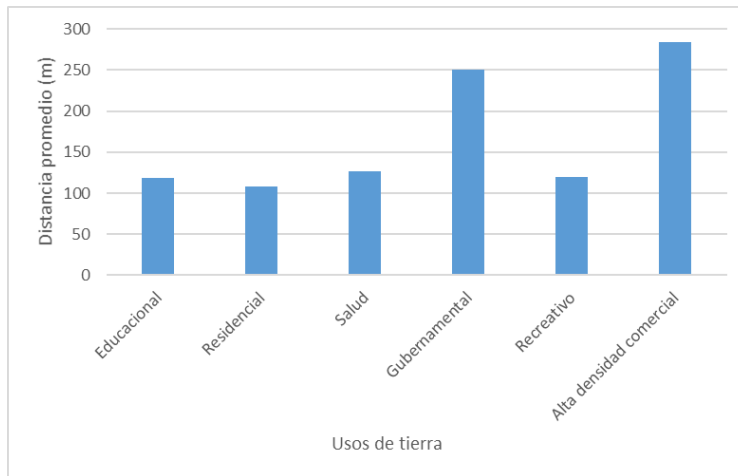


Figura 67. Promedio de distancia entre las aceras y los tipos de uso de suelo en Potchefstroom.

Por último, se calculó el índice de proximidad (figura 68). Su promedio global es de 95.41 de 100.00. Lo que indica que los tipos de usos de tierra en Die Bult son mixtos, es decir, mejoran la caminabilidad de la ciudad pues brinda a los ciudadanos la posibilidad de realizar diferentes actividades en distancias caminables.



Figura 68. Resultados georreferenciados del índice de proximidad a usos de tierra mixtos en Potchefstroom.

4.3.10. Índice de percepción de seguridad

La seguridad ciudadana es el pilar de cualquier medio de movilidad. El Banco Mundial señala que existe una serie de parámetros imprescindibles para incorporar en la ciudad tipos de movilidad sostenibles, los cuales se muestran en la figura 69.

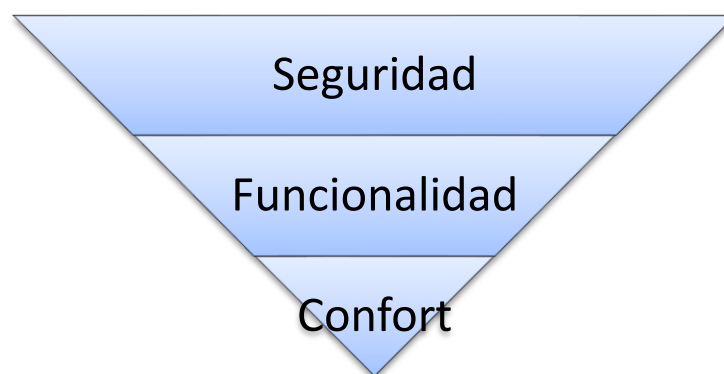


Figura 69. Prioridades en la obra peatonal.

Fuente: (Banco Mundial, 2013)

En ciudades como Dakha, Londres y Lima se demostró que, en los años con más eventos criminales de la ciudad, se contabilizaron menos peatones dentro del casco urbano. Esto sugiere la seguridad ciudadana como un indicador clave de los desplazamientos peatonales. (Pasha, 2015)

4.3.10.1. Cartago

De acuerdo a la metodología de la sección 3.3.8 y 3.4.8 y los resultados de la aplicación de la encuesta con una muestra de 386 personas, se clasificaron 6 zonas de la ciudad en seguras, moderadamente seguras e inseguras. La zona 1, representada en la figura 70, fue calificada como la zona más insegura de toda la ciudad en horas de la noche (61% del total de respuestas), mientras que en horas del día fue elegida también por el mayor porcentaje de la muestra como moderadamente segura (74% de respuestas) comparado con las otras 5 zonas evaluadas. Es por esto que la ciudad presenta un índice de seguridad de 25 de 100, según los criterios establecidos.

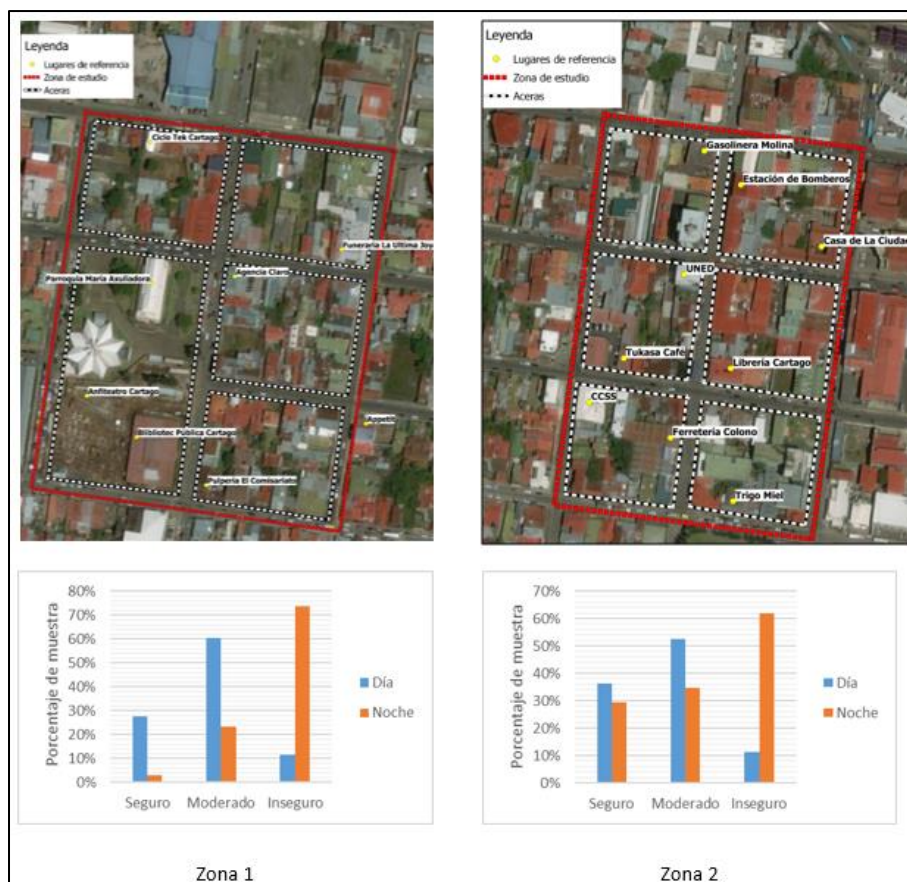


Figura 70. Resultados de la encuesta de percepción de seguridad en la zona 1 y 2 de Cartago.

La zona 2 fue elegida como moderadamente segura en el día por la mayoría de la muestra (53% de respuestas), mientras que insegura por la noche (62% de respuestas). Debido a que cumplen con el criterio establecido en la sección 3.4.8 de ser electas por un porcentaje mayor al 50% se obtiene un índice de seguridad de 25 de 100.

Para la zona 3 (figura 71), como se observa en la figura 73, en horas del día, un 48% de la muestra eligió la zona como segura y un 42% como moderadamente segura. Mientras que, para la noche, la mayoría de la población evaluó la zona como insegura. Debido a los criterios seleccionados en la sección 3.4.8, esta zona presenta un índice de seguridad de 50 de 100.

Por otra parte, la zona 4, para horas del día se evaluó como segura por un 49% de la muestra mientras que un 42% la evaluó como moderadamente segura. Para horas de la noche fue elegida ampliamente como insegura. Por lo que su índice de caminabilidad es de 38 de 100, de acuerdo a los criterios establecidos.

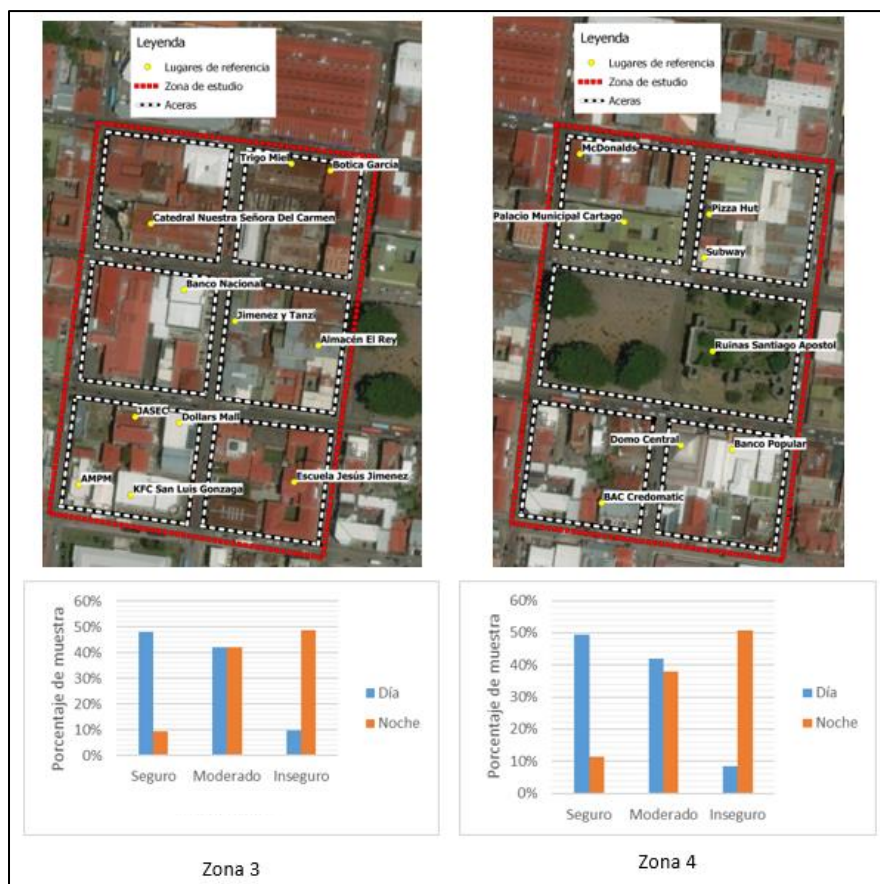


Figura 71. Resultados de la encuesta de percepción de seguridad en la zona 3 y 4 de Cartago.

Para las zonas 5 y 6, como se muestra en la figura 72, se evaluó la ciudad como moderadamente segura en el día y en la noche como insegura. Ambas por la mayoría del 50% de la muestra, por lo que sus índices de seguridad son de 25 de 100 cada una.

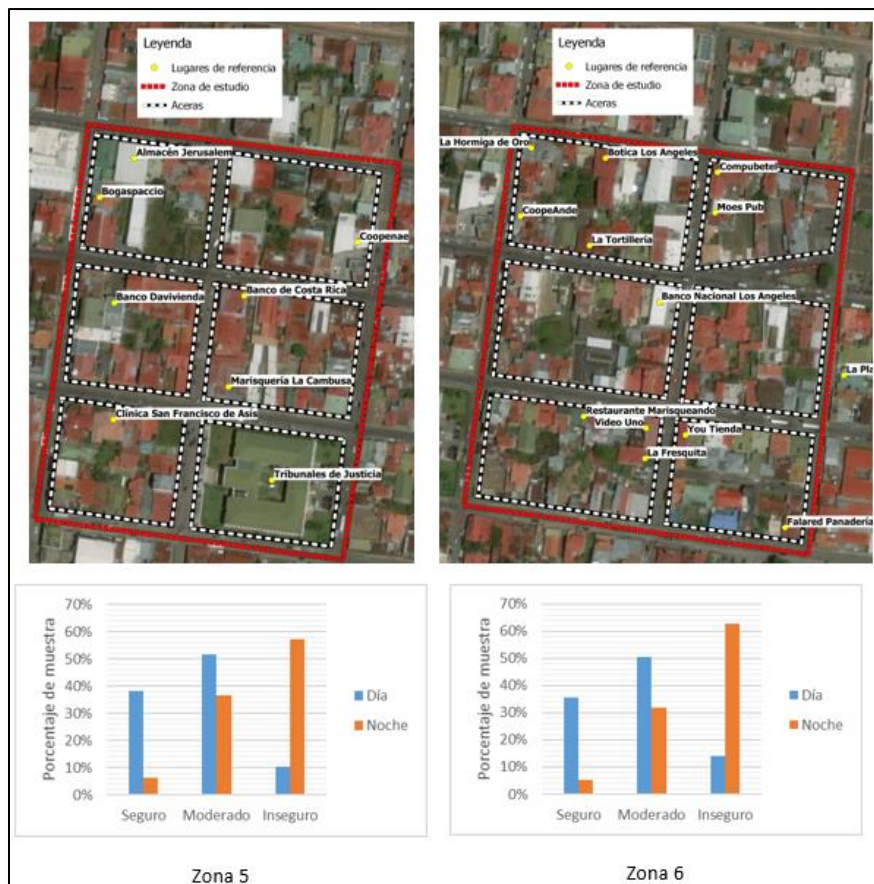


Figura 72. Resultados de la encuesta de percepción de seguridad en la zona 5 y 6 de Cartago.

Como se observa en la figura 73, la seguridad de la zona de estudio en Cartago tiende a disminuir conforme se aleja del centro de la ciudad. Y esto tiende a suceder debido a que como menciona Vorontsova (2016), entre más mixto sea el uso de suelos, más densidad de flujo peatonal existe y la densidad de peatones está relacionada con la percepción de seguridad, ya que en zonas peatonales de mucho uso los sucesos criminales tienden a disminuir debido a la percepción de acompañamiento entre peatones.

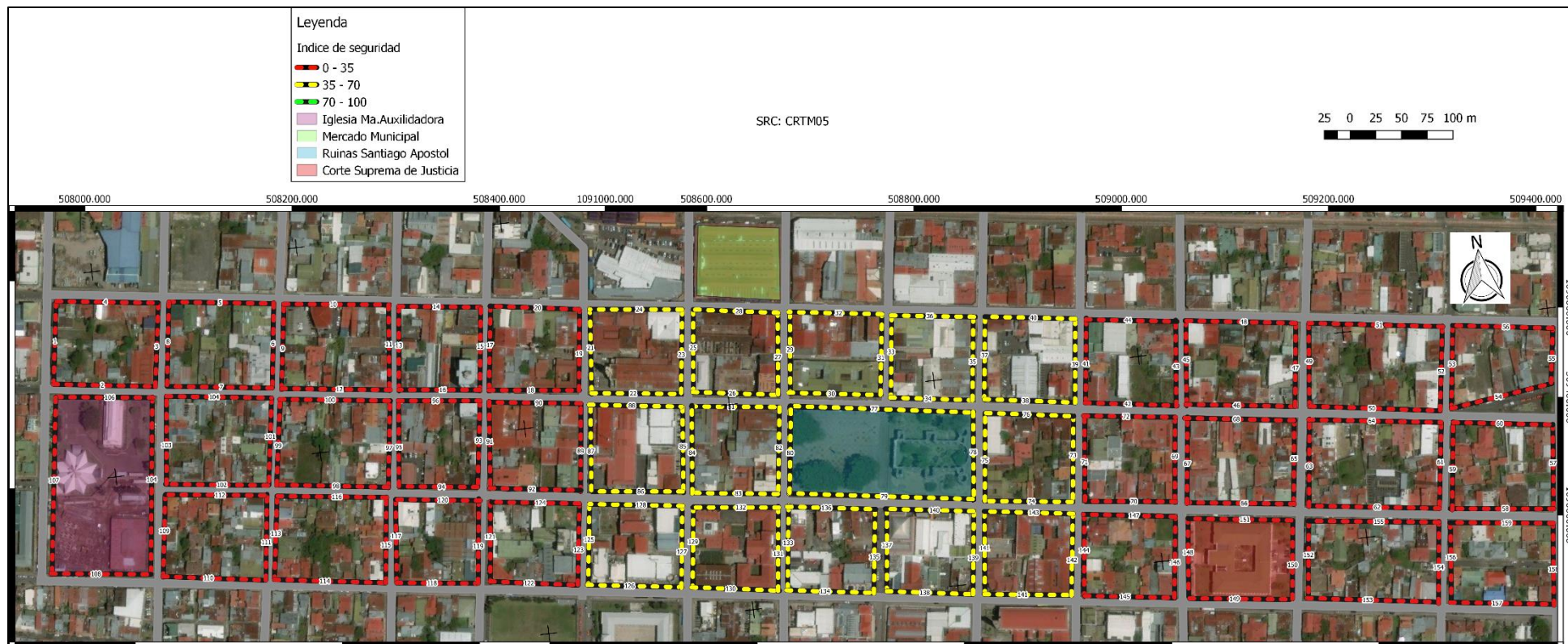


Figura 73. Resultados georreferenciados del índice de seguridad en Cartago.

4.3.10.2. Potchefstroom

De una muestra de 102 personas, los resultados de la encuesta muestran que la zona con los resultados más negativos en cuanto a percepción de seguridad es la zona representada en la figura 74, en la cual 73% de la muestra percibe como moderadamente insegura durante el día y el 87% como insegura durante la noche. Mientras tanto, la zona con mejores resultados es la representada en la figura 75, en la cual 67% de la muestra percibe como moderadamente segura durante el día. Mientras que por la noche el 78% la percibe como insegura.

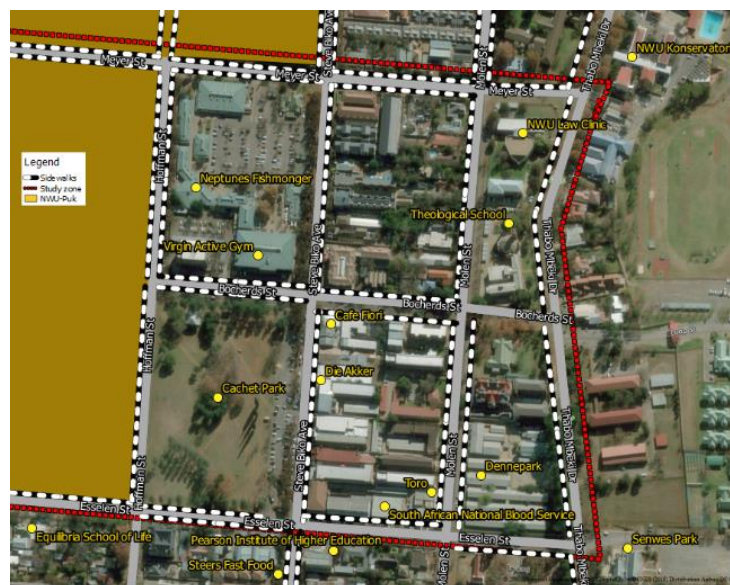


Figura 74. Zona de estudio percibida como la más insegura en Potchefstroom.



Figura 75. Zona de estudio percibida como la más segura en Potchefstroom.

Es importante destacar que de acuerdo a los resultados de la encuesta se puede afirmar que las personas identificadas con el género femenino se perciben más vulnerables a la inseguridad, puesto que, como se muestra en la figura 76, en las diferentes zonas de la ciudad evaluadas, del total de respuestas respecto a la seguridad durante el día, en promedio el 74% de personas identificadas con el género femenino percibe los sectores evaluados como moderadamente inseguros mientras que solo 61% de personas identificadas con el género masculino las perciben de esta manera. Además, respecto a la seguridad durante la noche, en promedio el 94% de las personas identificadas con el género femenino perciben las zonas evaluadas como inseguras mientras que solo 78% de las personas identificadas con el género masculino las perciben de esta manera.

Por último, en promedio, solamente el 5% las personas identificadas con el género femenino perciben las diferentes zonas de la ciudad como seguras mientras que un porcentaje mayor de 12% de las personas identificadas con el género masculino las perciben así.

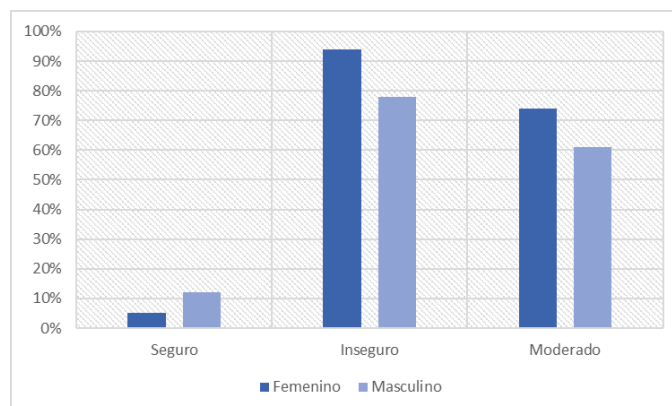


Figura 76. Resultados de la encuesta de seguridad en promedio por género en Potchefstroom.

El promedio general del índice de seguridad es de 19,30 de 100,00. El cual es categorizado como bajo y es debido a que el 77% de las aceras en estudio fueron percibidas en el día como moderadamente inseguras e inseguras durante la noche, mientras que el resto 23% de aceras son percibidas como inseguras tanto de día como de noche (figura 77).

Por último, es importante destacar que la calle Steve Biko St y los alrededores de Cachet Park son los lugares específicos percibidos como más inseguros en toda el área en estudio.

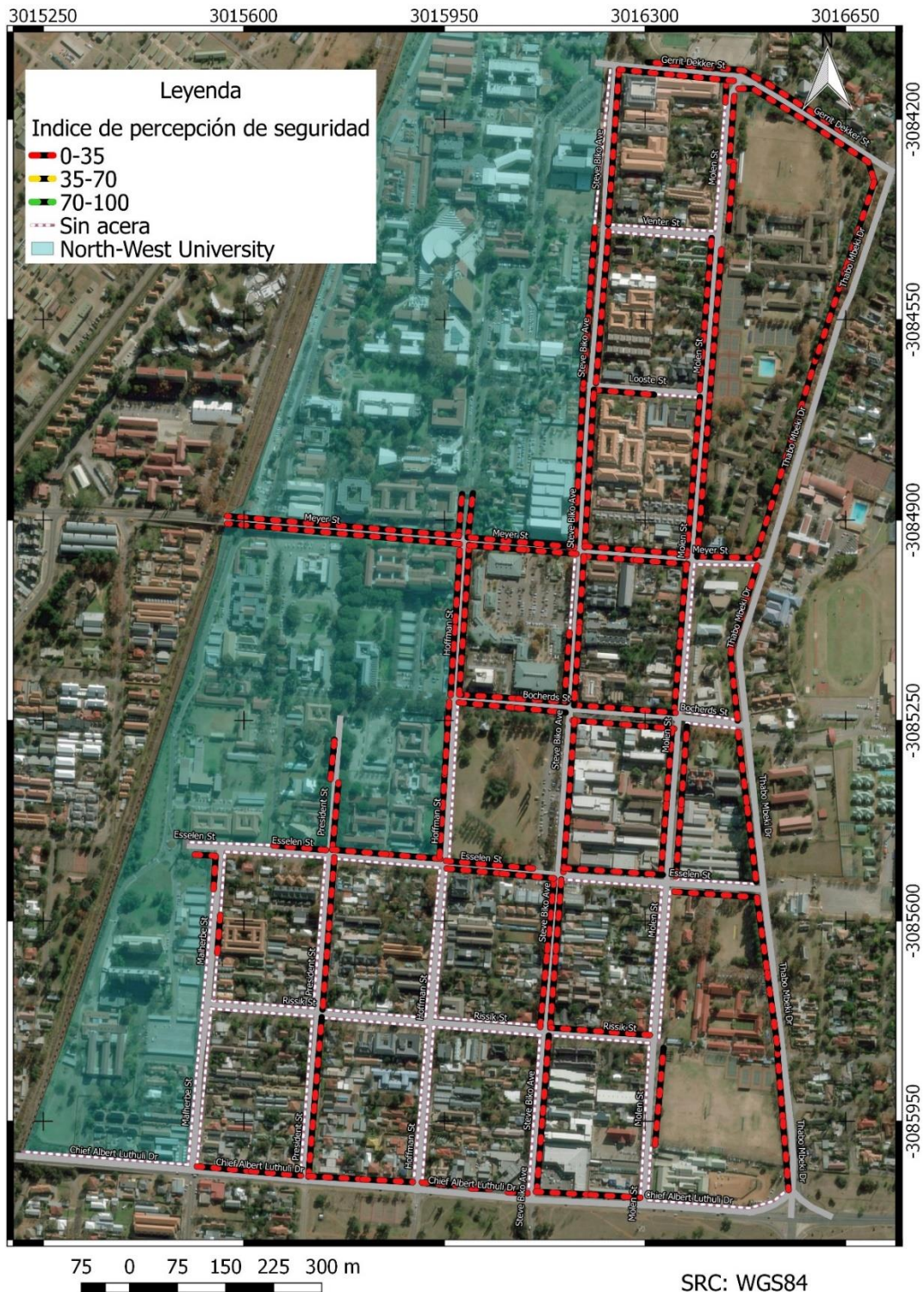


Figura 77. Resultados georreferenciados del índice de seguridad en Potchefstroom.

Si se comparan las dos ciudades en estudio, se observa que la ciudad de Cartago es en general percibida como más segura, ya que como se mencionó anteriormente, el índice promedio de seguridad es de 31,35 mientras que el de Potchefstroom es de 19,30. Si bien es cierto que hay una diferencia, esta no es muy amplia y podría parecer que ambas ciudades presentan una actividad criminal parecida, sin embargo, las estadísticas demuestran lo contrario. La ciudad de Cartago presentó en el 2018 una cantidad total de actividad criminal (asaltos, homicidios, robos, etc) de 1808 casos (OIJ, 2019), mientras que la ciudad de Potchefstroom un total de 12 057 (SA Crime Stats, 2019). En ese sentido cabe decir que, si bien la percepción de seguridad no es tan distinta, los sucesos criminales sí. Potchefstroom en este caso presenta un historial criminal mucho más violento que la ciudad de Cartago.

4.3.11. Índice de caminabilidad

El índice de caminabilidad se calcula usando la metodología explícita en la sección 3.5.3. En este se asumen todos los indicadores evaluados anteriormente con un mismo peso e importancia: índice de ancho de aceras, índice de obstáculos peatonales, índice de condición de aceras, índice de iluminación peatonal, índice de percepción de seguridad, índice de uso mixto de suelos, índice de accesibilidad, índice de cruces e índice de arbolado y techos.

4.3.11.1. Cartago

Mediante el cálculo del índice de caminabilidad es posible determinar los sitios de la ciudad con mejor y peor caminabilidad. La acera con el menor índice de caminabilidad es la 157 (figura 79), que se ubica diagonal al Liceo Dr. Vicente Lachner.

Esta presenta un índice de caminabilidad de 12,50 debido a que posee índices bajos de accesibilidad, facilidad de cruce, techo y arbolado, estado de aceras, obstáculos, luminosidad y seguridad. Pues no presenta ni rampas ni indicadores táctiles para no videntes, tampoco presenta ningún tipo de facilidad de cruce. A pesar de que presenta dos árboles, estos solo cubren el 6% de su longitud, además presenta 7 obstáculos; dos tapas de 40 cm de ancho, 2 postes de 40 cm de ancho, 2 señales de 15 cm de ancho y un teléfono público que ocupa 60 cm del ancho de acera. Presenta además solo dos lámparas de alumbrado público y es percibida como moderadamente segura por el día e insegura por la noche. Por último,

respecto al estado de aceras presenta, desnudamiento severo, bacheo en mala condición, grietas de 2,0 cm y escalonamiento de 6,0 cm.

Mientras que presenta un índice de ancho moderado pues su ancho total es de 1,4 m y un índice de proximidad a uso mixtos de suelo moderado. Tal y como se muestra en la figura 78.



Figura 78. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad de la calle 157



Figura 79. Evidencia del estado de caminabilidad en la acera 157.

Por otra parte, la acera con el mejor índice de caminabilidad es la 37, la cual se ubica diagonal hacia el noreste del parque de Las Ruinas Santiago Apóstol. Presenta un índice de caminabilidad de 72,87 el cual es clasificado como alto.

La acera 37 presenta buenos índices de proximidad, ancho de aceras, accesibilidad, facilidad de cruce, techo y arbolado, y de obstáculos (figura 80). Esto debido a que presenta un ancho de 2 m, muestra rampas en buen estado e indicadores táctiles para no videntes, así como semáforos para el cruce de calles. También, presenta una cobertura de techo en aproximadamente un 60% de largo de acera y un árbol que cubre 3 m de largo de acera.

Además, presenta índices de estado de acera y de seguridad moderados. Esto porque presenta huecos de 8 cm de ancho, desnudamiento moderado y escalonamiento de 5 cm. Además, es una zona percibida como segura por el día e insegura por la noche. Anudado a esto, presenta un índice de luminosidad bajo, puesto que solo tiene dos lámparas de alumbrado.

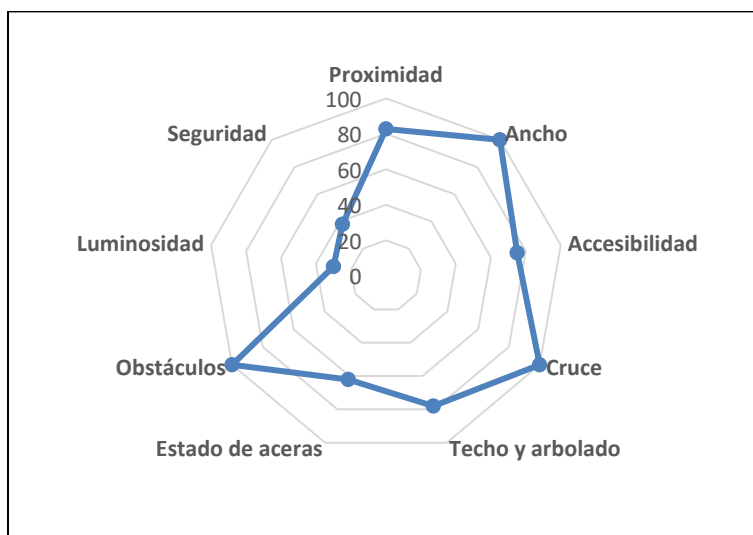


Figura 80. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad de la calle 37



Figura 81. Evidencia del estado de caminabilidad en la acera 37.

El promedio general de caminabilidad para la ciudad de Cartago es de 39,01. Lo cual es clasificado como moderado. Como se observa en la figura 82, en general, esta ciudad presenta índices altos de ancho de aceras, índices moderados de proximidad de usos de suelos mixtos, accesibilidad, estado de aceras y obstáculos. Mientras que presenta índices bajos de facilidad de cruce, techo y arbolado, seguridad y luminosidad.

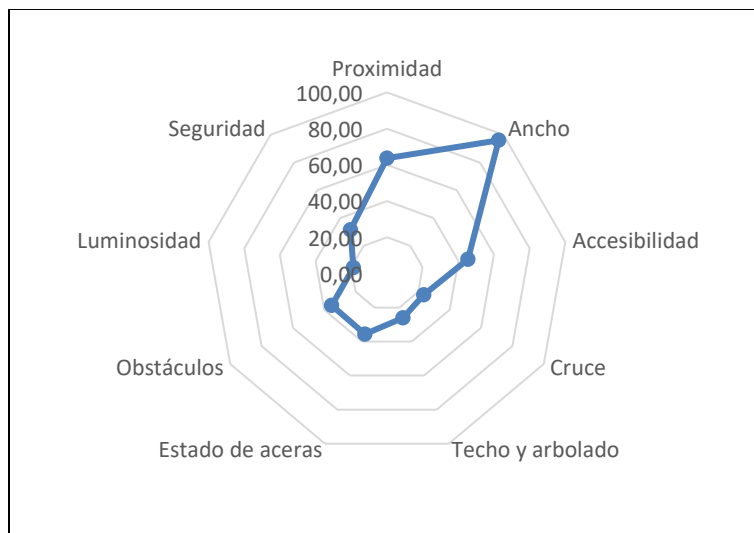


Figura 82. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad general de la ciudad de Cartago.

4.3.11.2. Potchefstroom

A través del índice de caminabilidad se pudo identificar que las zonas menos caminables de la ciudad son las aceras centrales de la calle Molen St, las cuales presentan un índice de 29,78.

Esto es debido a que, como se muestra en la figura 83, a pesar de que las aceras centrales de Molen St presentan un buen índice de proximidad a los usos mixtos de suelos y de arbolado, presentan índices de ancho de aceras, accesibilidad, luminosidad y de cruce nulos, además de índices de seguridad, estado acera y obstáculos de menos de 20.

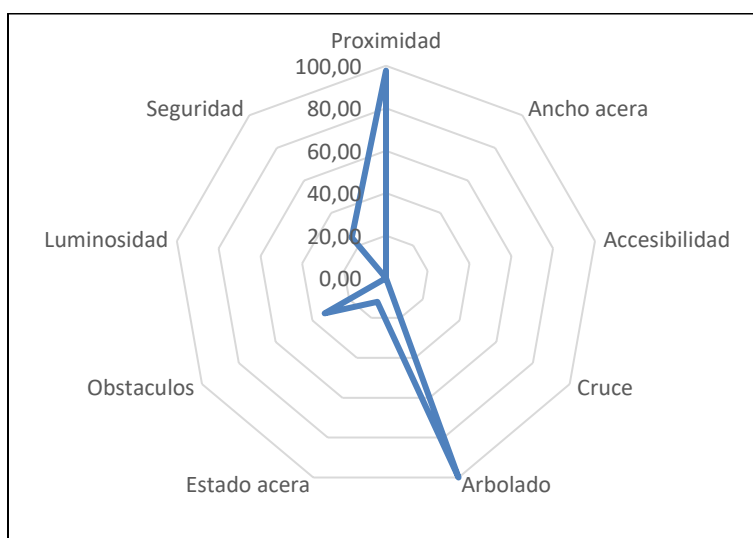


Figura 83. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad de la calle Molen.



Figura 84. Evidencia de condiciones generales de la calle Molen central.

Por el contrario, las mejores aceras se encuentran al norte de la calle Thabo Mbeki, las cuales presentan un índice de caminabilidad de 76,04. Debido a que, como se muestra en la figura 85, presentan índices de proximidad a usos de suelos mixtos, ancho de aceras, cruces, arbolado y obstáculos de 100,00, índices moderados de estado de aceras, luminosidad y accesibilidad. Y presenta solo un indicador con índices bajos como lo es el de seguridad.

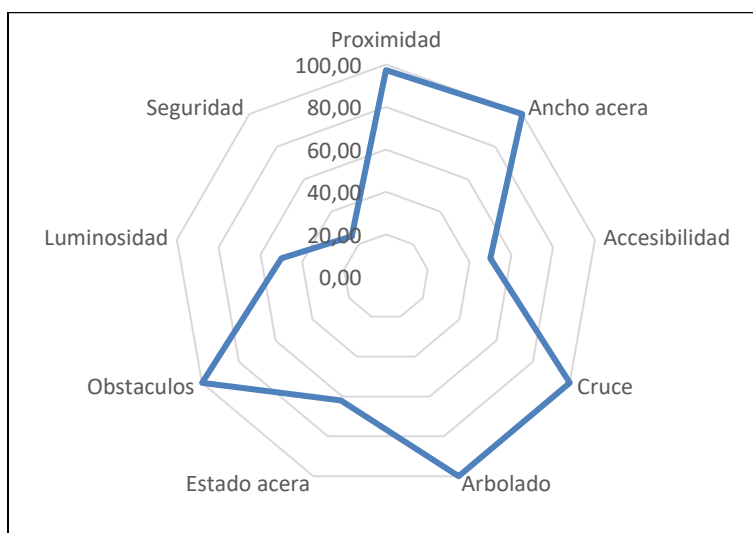


Figura 85. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad de la calle Thabo Mbeki norte.



Figura 86. Evidencia de condiciones generales de la calle Thabo Mbeki norte.

El promedio general de caminabilidad para toda el área de estudio de la ciudad de Potchefstroom es de 50,0, lo cual significa que es moderadamente una ciudad caminable. Como se ilustra en la figura 87, esto es debido a que el índice de caminabilidad general de la ciudad está compuesto por índices bajos de alumbrado peatonal y seguridad, mientras que la proximidad a usos de suelos mixtos, la presencia de arbolado y obstáculos presentan los mejores índices.

Por tanto, se puede señalar que las mejores condiciones en la ciudad de Potchefstroom están relacionados al confort del peatón mientras que los peores a la seguridad de este.

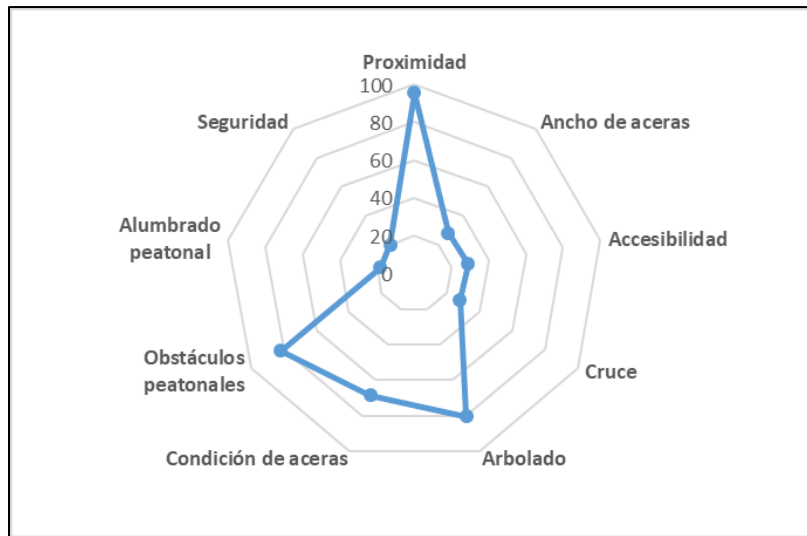


Figura 87. Gráfico polar entre los índices de caminabilidad generales de la ciudad de Potchefstroom.

Es importante destacar que comparando las dos ciudades se obtiene que, la ciudad de Potchefstroom es más caminable que la ciudad de Cartago en términos generales, al menos en las zonas de estudio respectivas. Puesto que la primera presenta un índice de caminabilidad de 49,86 mientras que la segunda de 39,01.

Como se presenta en la figura 88, al comparar los índices de las dos ciudades se tiene que los anchos de las aceras en Cartago son mucho mejores que los de la ciudad de Potchefstroom, y los índices de facilidad de cruce e iluminación son similares para ambas ciudades. Además, la ciudad sudafricana presenta mucho más arbolado que la ciudad de Cartago, mejor estado de aceras, menor cantidad de obstáculos y es menos “centrista” en la medida que existe más diversificación de usos de suelo a lo largo de la ciudad. También cabe destacar que la ciudad de Cartago presenta mejor accesibilidad para personas con algún tipo de discapacidad y es percibida como más segura.

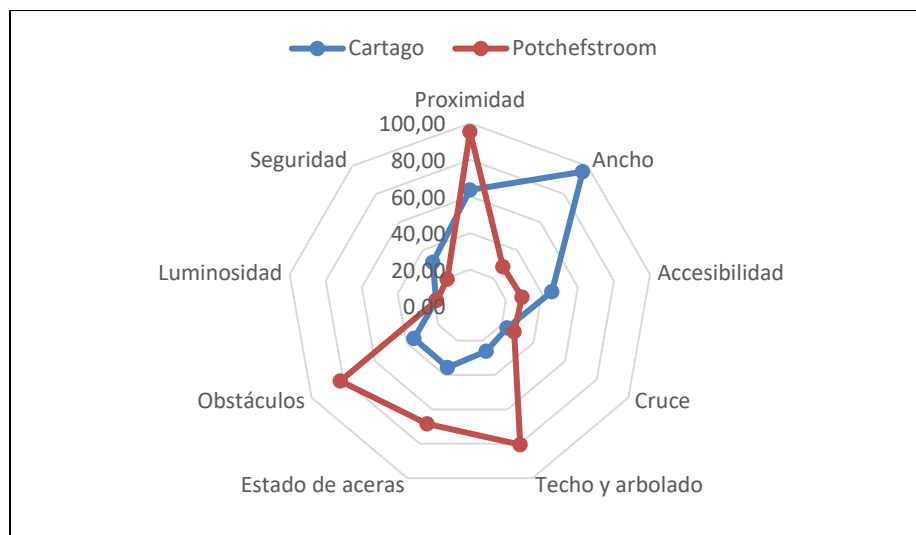


Figura 88. Gráfico polar de comparación entre los índices de caminabilidad generales de la ciudad de Cartago y Potchefstroom.

4.3.12. Índice de caminabilidad ponderado

4.3.12.1. Cartago

Para el cálculo del índice de caminabilidad ponderado se obtuvieron los resultados de la encuesta realizada a una muestra de 386 personas sobre la prioridad de los ciudadanos al movilizarse peatonalmente en la ciudad. Como se muestra en la figura 89 existe una preferencia por aspectos como seguridad e iluminación, los cuales según los criterios establecidos en la sección 3.4.10, son ponderados con un peso de 2 y 3 respectivamente. Mientras que los aspectos de obstáculos, facilidad de cruce y proximidad, fueron elegidos entre el 50% y el 75% de la muestra y por tanto presentan una ponderación de 2. El resto de indicadores no presentan ponderación, excepto el de accesibilidad ya que a pesar que no ha sido elegido por un porcentaje del encuestado considerable, es un aspecto de minorías y por tanto debe ser priorizado.

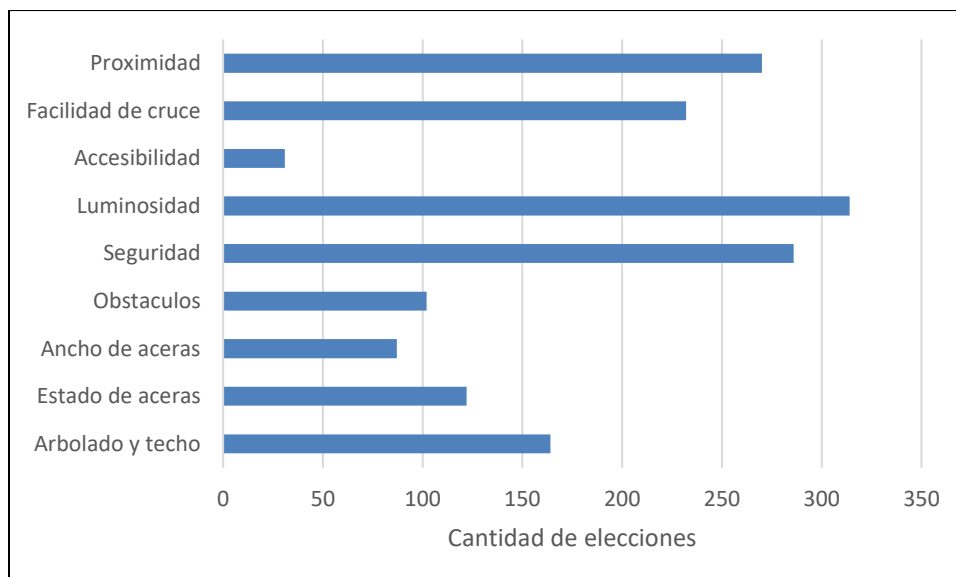


Figura 89. Resultados de la encuesta de prioridad de variables al movilizarse peatonalmente en Cartago.

Esta ponderación ocasiona que al determinar el índice ponderado de caminabilidad de la ciudad, su valor disminuya en comparación con el no ponderado, esto debido a que los índices de bajo valor como el de seguridad e iluminación son también los prioritarios para los ciudadanos, provocando así una disminución de 39,01 a 38,69. Así como también en los índices individuales de cada acera.

En la figura 90 se muestran los índices de caminabilidad para cada una de las aceras en estudio para la ciudad de Cartago.



Figura 90. Resultados georreferenciados del índice de caminabilidad en Cartago.

4.3.12.2. Potchefstroom

Como se explica anteriormente en el apartado 2.5.4, para el cálculo del índice de caminabilidad ponderado se obtuvieron los resultados de la encuesta realizada a una muestra de 102 personas sobre la prioridad de los ciudadanos al movilizarse peatonalmente en la ciudad. Como se muestra en la figura 91 existe una preferencia por aspectos como seguridad e iluminación, los cuales según los criterios establecidos en la sección 3.4.10, son ponderados con un peso de 3. Mientras que los aspectos de ancho, facilidad de cruce, condición de aceras y proximidad fueron elegidos por más del 50% de la muestra y por tanto presentan una ponderación de 2, mientras tanto los demás indicadores no presentan ponderación.

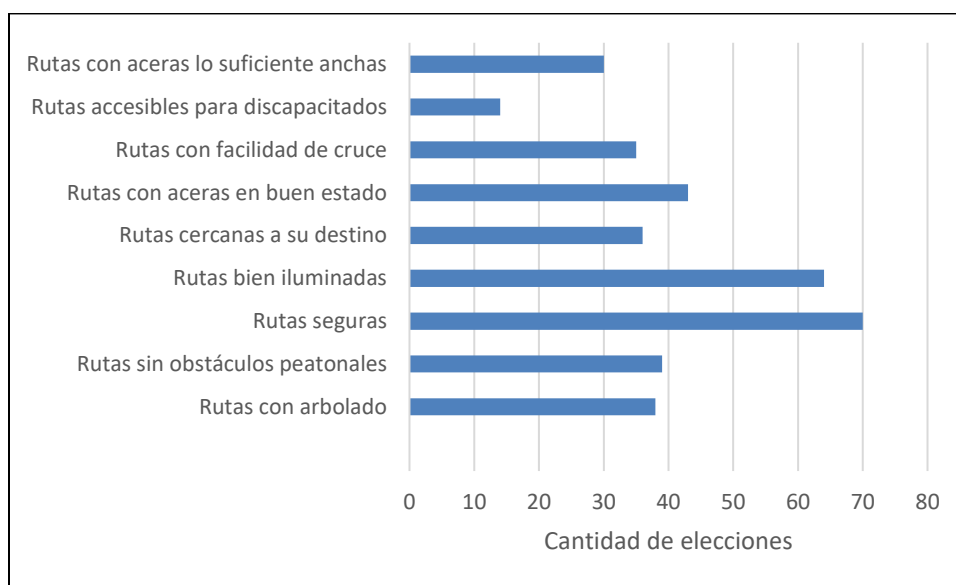


Figura 91. Resultados de la encuesta de prioridad de variables al movilizarse peatonalmente en Potchefstroom.

Al igual que en la ciudad de Cartago, esta ponderación ocasiona que al determinar el índice ponderado de caminabilidad de la ciudad su valor disminuya en comparación con el no ponderado, esto debido a que índices de bajo valor como el de seguridad e iluminación son también los prioritarios para los ciudadanos, provocando así una disminución de este, de 50,0 a 47,0. Así como también en los índices individuales de cada acera.

Se puede inferir de los resultados ilustrados en la figura 89 y 91, para la ciudad de Cartago y Potchefstroom respectivamente, que en general, estas poblaciones tienden a priorizar rutas con aspectos que caben dentro del elemento global de seguridad, tanto por siniestros como por accidentes viales. Lo cual quiere decir que ambos gobiernos municipales deberían priorizar los presupuestos de infraestructura peatonal en primordialmente el factor de seguridad. Aunado a esto, desde un punto de vista de activación comercial, la mejoría este aspecto desde el sector privado también brindaría beneficios económicos puesto que, como se discutió en la sección 4.3.3 entre más uso de aceras, más seguridad y por tanto más potenciales clientes.

El índice de caminabilidad final de cada acera para la ciudad de Potchefstroom es presentado en la figura 92.

Aunado a esto, cabe resaltar que se priorizaron tres sitios de intervención para la ciudad de Potchefstroom con el objetivo de mejorar la movilidad peatonal hacia la Universidad de North-West, los cuales se muestran en el anexo 8. En el primer sitio elegido como prioritario se encuentra la entrada principal de la universidad, puesto que presenta un índice de caminabilidad considerado como deficiente. La segunda zona, se eligió debido a que se encuentra en la cuadra más densa comercialmente y presenta mitad de la acera con un índice de caminabilidad moderado y la mitad deficiente. Por último, la tercera zona seleccionada como prioritaria se encuentra en la zona norte de la ciudad, en la entrada secundaria de la universidad puesto que presenta un índice de caminabilidad deficiente.



Figura 92. Resultados georreferenciados del índice de caminabilidad en Potchefstroom.

5. Conclusiones

A través de esta investigación se logró desarrollar un índice de caminabilidad centrado en factores técnicos y de percepción social a través de la identificación de 10 indicadores evaluados con 7 diferentes metodologías de distintos países. Entre los cuales se encuentran: ancho de aceras bajo la metodología inglesa de The Walkability Index, presencia de arbolado y techo bajo la metodología de Índice de caminabilidad en la ciudad de Madrid, uso mixto de suelos y condición de aceras bajo la metodología de Guía e inventario para la evaluación de aceras del Lanamme, presencia de obstáculos bajo la metodología de Estimación del índice de caminabilidad en Ciudad de Panamá, accesibilidad para personas con discapacidad bajo la metodología argentina de Índice Sintético de Caminabilidad, iluminación de las aceras bajo la metodología de Using GIS to measure Walkability de la ciudad de Nueva York y por último los indicadores de facilidad de cruce y percepción de seguridad a través de la metodología propuesta en la presente investigación.

Se determinó que el índice de caminabilidad de la ciudad de Potchefstroom es moderado, ya que presenta índices bajos de anchura de aceras, accesibilidad, facilidad de cruce, alumbrado peatonal e inseguridad. Sin embargo, se determinó índices regulares y buenos de arbolado, condición de aceras, obstáculos peatonales y uso mixto de suelos. Lo cual quiere decir que dicha ciudad presenta un moderado potencial de mitigación de emisiones de Gases Efecto Invernadero en el sector transporte debido a cambios modales de movilidad automotor a movilidad activa.

Mientras que para la zona de estudio de la ciudad de Cartago se determinó que el índice de caminabilidad es categorizado como deficiente puesto que presenta índices bajos de arbolado y techo, estado de aceras, facilidad de cruce, obstáculos peatonales, luminosidad y seguridad. Por el contrario, se encontraron regulares y buenos índices de accesibilidad, ancho de aceras y uso mixto de suelos. Lo cual quiere decir que dicha ciudad presenta un bajo potencial de mitigación de emisiones de Gases Efecto Invernadero en el sector transporte debido a cambios modales de movilidad automotor a movilidad activa debido a las condiciones del entorno peatonal actuales.

Por último, la metodología permitió priorizar tres zonas clave de intervención para mejorar la movilidad peatonal hacia la Universidad de North-West, las cuales se encuentran representadas en el anexo 8.

6. Recomendaciones

6.1. Recomendaciones para la ciudad de Cartago

- i. Se recomienda replantear los reglamentos pertinentes al ancho de aceras a uno que esté en función del nivel de servicio de aceras y no solo enfocado en la Ley 7600.
- ii. Disminuir o eliminar el ancho ocupado por los obstáculos en la cuadra donde se ubica el Almacén El Rey, Escuela Sagrado Corazón de Jesús, La Hormiga de Oro y el Club Social Cartago. Principalmente los obstáculos de la categoría de postes, señales de tránsito, tapas y carros parqueados en el área de la acera peatonal.
- iii. Eliminar los obstáculos en los alrededores del Parque de Las Ruinas Santiago Apóstol para disminuir los flujos peatonales y así mejorar los niveles de servicio de las aceras.
- iv. Mejorar el estado de las aceras en el sector oeste y este. Principalmente las alteraciones de desnudamiento y huecos.
- v. Implementar losas táctiles para no videntes de manera continua y no solo por tramos dentro de la misma acera en la ciudad de Cartago.
- vi. Implementar zonas de densidad de arbolado y mejorar las zonas techadas existentes a lo largo de la ciudad.
- vii. Instalar lámparas de alumbrado peatonal de máximo 5m de alto. Así como al menos 3 unidades por cuadra con una luminosidad de entre 5 y 20 lux.
- viii. Mejorar la seguridad en el sector oeste y este de la zona de estudio tanto en el día como en la noche.
- ix. Instalar facilidades de cruce en la zona oeste y este de la zona de estudio de la ciudad de Cartago. Especialmente debido a la alta densidad de automóviles por estas vías.

- x. Proponer todos los diseños referentes a peatonalización en función de las prioridades de la población. En el caso de la ciudad de Cartago; iluminación, seguridad, proximidad y facilidad de cruce.

6.2. Recomendaciones para la ciudad de Potchefstroom

- xi. Aumentar el ancho a 1,8 m en las aceras de la calle Gerrit Dekker y Meyer.
- xii. Eliminar o disminuir el ancho ocupado por los obstáculos al oeste de la calle Meyer, en la calle Gerrit Dekker y al sur de la calle Thabo Mbeki Dr. Principalmente los obstáculos de alumbrado público y los automóviles parqueados en las aceras.
- xiii. Disminuir las alteraciones de la condición de las aceras del oeste de la calle Meyer, la calle President y la parte central de la calle Molen en Potchefstroom.
- xiv. Mejorar la condición de las rampas, principalmente en ancho y pendiente, en la zona norte de la zona de estudio de la ciudad de Potchefstroom. Además, de implementar losas táctiles para no videntes en toda la zona de estudio.
- xv. Instalar facilidades de cruce de peatones en la calle Gerrit Dekker y al suroeste de la zona de estudio. Especialmente debido a la alta densidad de automóviles por estas vías.
- xvi. Instalar al menos 3 unidades de alumbrado por cuadra en la ciudad de Potchefstroom de entre 5 y 20 lux.
- xvii. Aumentar la seguridad en toda la ciudad tanto de día como de noche en la ciudad de Potchefstroom.
- xviii. Proponer todos los diseños referentes a peatonalización en función de las prioridades de la población. En el caso de la ciudad de Potchefstroom en; seguridad, iluminación y estado de las aceras.

7. Bibliografía

- Agampatian, R. (2014). Using GIS to measure walkability: A Case study in New York City, (April), 1–65.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Berke, E.M., Koepsell, T.D., Moudon, A.V., Hoskins, R.E., Larson, E.B., (2007). Association of the built environment with physical activity and obesity in older persons. *Am J Public Health* 97, 486–492.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. (2016). Urban Mobility-Strategies for Liveable Cities.
<https://doi.org/10.1080/15568318.2013.821008>
- CAF. (2011). Desarrollo urbano y movilidad en América Latina. (CAF, Ed.), Banco de desarrollo de America Latina CAF.
- Cambra, P. (2012) Pedestrian Accessibility and Attractiveness Indicators for Walkability Assessment, Instituto Superior Tecnico.
- CFIA. (2013). Guía para el Diseño y la Construcción del espacio Público en Costa Rica. Costa Rica: Editorial Lithosiac.
- Contraloría General de la República. (2015). Resultados de la encuesta “Consulta Nacional sobre Servicios Públicos”. Sitio oficial. Recuperado de
<http://www.cgr.go.cr/esc/transporte.html>
- David, E., & Castillo, D. (2017). Estimación del Índice de Caminabilidad para el Sector de Obarrio de la Ciudad de Panamá. Recuperado de:
https://walkabilitycitytool/docs/wct_ciudad_de_panama
- Dobesova, Z., & Krivka, T. (2012). Walkability Index in the Urban Planning: A Case Study

- in Olomouc City. En J. Burian, *Advances in Spatial Planning* (págs. 180-196). Olomouc: InTech. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-spatial-planning/walkability-index-in-the-urban-planning-a-case-study-in-olomouc-city>
- Department of transportation. (2003). *Pedestrian and Bicycle facility Guidelines*. South Africa. Recuperado de: http://www.transport.gov.za/documents/11623/21913/PedestrianandBicycleFacilityGuideline_comp.pdf/6fb08346-67c5-43af-8b19-a2d5637f6a4
- Deleuze, G., Guattari, F. (1997). *¿Qué es la filosofía?* Barcelona, España: Anagrama
- Do Nascimento, P. L., & Magalhaes, Z. (2003). Determinación del Tamaño de la muestra para encuestas de hogares en dos etapas considerando el efecto de diseño. *Taller Regional Del MECOVI*, 213–223
- Duncan, D. T., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S. J., & Gortmaker, S. L. (2011). Validation of Walk Score® for estimating neighborhood walkability: An analysis of four US metropolitan areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(11), 4160–4179. <https://doi.org/10.3390/ijerph8114160>
- Esquivel, M., Hernández, O., & Gárnica, R. (2013). Modelo de Accesibilidad Peatonal: Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Barrial. *Bitácora Urbano Territorial*, 22-30. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/263733410_Modelo_de_Accesibilidad_Peatonal_MAP_Indice_de_Accesibilidad_Peatonal_a_Escala_Barrial
- Fontán, S. (2012). *Índice de Caminabilidad aplicado en la Almendra Central de Madrid*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: https://eprints.ucm.es/20074/1/Tfm_sofia_fontan.pdf
- Frank, L.D., Saelens, B.E., Powell, K.E., Chapman, J.E., (2007). Stepping towards causation: do built environments or neighborhood and travel preferences explain physical activity, driving, and obesity? *Soc Sci Med* 65, 1898–1914.
- Fujiyama, T., Childs, C., Boampong, D & Tyler, N. (2003). *Investigation of Lighting Levels for Pedestrians*. London. Retrieved from: <https://core.ac.uk/download/pdf/1670109.pdf>
- Gutiérrez, A. (2012). ¿qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Bitacora Urbano Territorial*, 21(2), 61–74.
- Gutiérrez, T. (27 de febrero de 2014). Costa Rica ocupa el tercer lugar en número de robos

- de Centroamérica. crhoy.com. Recuperado de <http://www.crhoy.com/archivo/portada-costa-rica-ocupa-el-tercer-lugar-en-numero-de-robos-de-centroamerica-v3l7x/nacionales/>
- Handy, S. (2016). A little history of urban transportation [PowerPoint slides]. Recuperado de http://www.des.ucdavis.edu/faculty/handy/TTP220/TTP220_History1.pdf
- IEA. (2015). World Energy Outlook 2015. USA. Recuperado de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015.pdf>
- INEC. (2011). Indicadores Cantonales. San José. Recuperado de <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/poblacion/estadisticas/resultados/repoblacencenso2011-03.pdf.pdf>
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2012a). Plan Estratégico 2011-2015. Cartago.
- Ishaque, M. & Noland, R. (2006). Making roads safe for pedestrians or keeping them out of the way?. *Journal of Transport History*, 27(1):115-137.
DOI: 10.7227/TJTH.27.1.8
- IPCC. (2015). Climate Change 2014 Synthesis Report. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- ITDP. (2011). La movilidad en bicicleta como política pública. In M. J. P. Herrera (Ed.), *Ciclociudades, Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas*. México.
- Johannesburg Government. (2009). City of Johannesburg complete streets design guideline .
Recuperado de:
https://www.joburg.org.za/departments_/Documents/transport/departments%20project/Complete%20Streets%20Design%20Guideline%20Manual.pdf
- Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A., Hugo, G., (2007). Walkability of local communities: using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. *Health Place* 13, 111–122.
- Ley N°7600. Publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 112, San José, Costa Rica., 29

de mayo de 1996

MINAE. (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. San José.

Ministerio de Desarrollo Humano. (s.f.). Índice sintético de caminabilidad. Metodología.

Recuperado de:

http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar/images/informes_territoriales/caminabilidad.pdf

Moayed, F., Zakaria, R., Bigah, Y., Mustafar, M., Puan, O. C., Zin, I. S., & Klufallah, M.

M. A. (2013). Conceptualising the indicators of walkability for sustainable transportation. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 65(3), 85–90.

<https://doi.org/10.11113/jt.v65.2151>

Moya, A. (2017). Análisis de la movilidad de estudiantes y funcionarios hacia y en el campus central del Instituto Tecnológico de Costa Rica. (Tesis de licenciatura).

Tecnológico de Costa Rica, Cartago.

Municipalidad de Cartago. (2019). Plan Regulador de Cartago. Recuperado de

<http://municartago.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=99a053caf4b94522a631bfaf4a4f4110>

Oficina de Ingeniería. (2016a). Borrador del Master Plan 2016-2026. Cartago.

Organismo de Poder Judicial - OIJ. (2019). Estadísticas policiales. OIJ. Recuperado de:

<https://sitiooj.poder-judicial.go.cr/index.php/apertura/transparencia/estadisticas-policiales>

ONU. (2019). Los usos mixtos del suelo y sus beneficios. ONU-Habitat. Recuperado de:

<https://onuhabitat.org.mx/index.php/los-usos-mixtos-del-suelo-y-sus-beneficios>

NWU. (2018). History of North-West University. Recuperado el 3 de setiembre del 2018 de: <http://www.nwu.ac.za/content/nwu-history-nwu>

PIMUS. (2014). Sustainable Urban Movility Program For San José, Costa Rica.

Recuperado de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=39206211>

PITRA. (2017). Guía de inventario y Evaluación de aceras. Costa Rica. Recuperado de:

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/954/INF-PITRA-002-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Corrales, L. (2017). Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible.

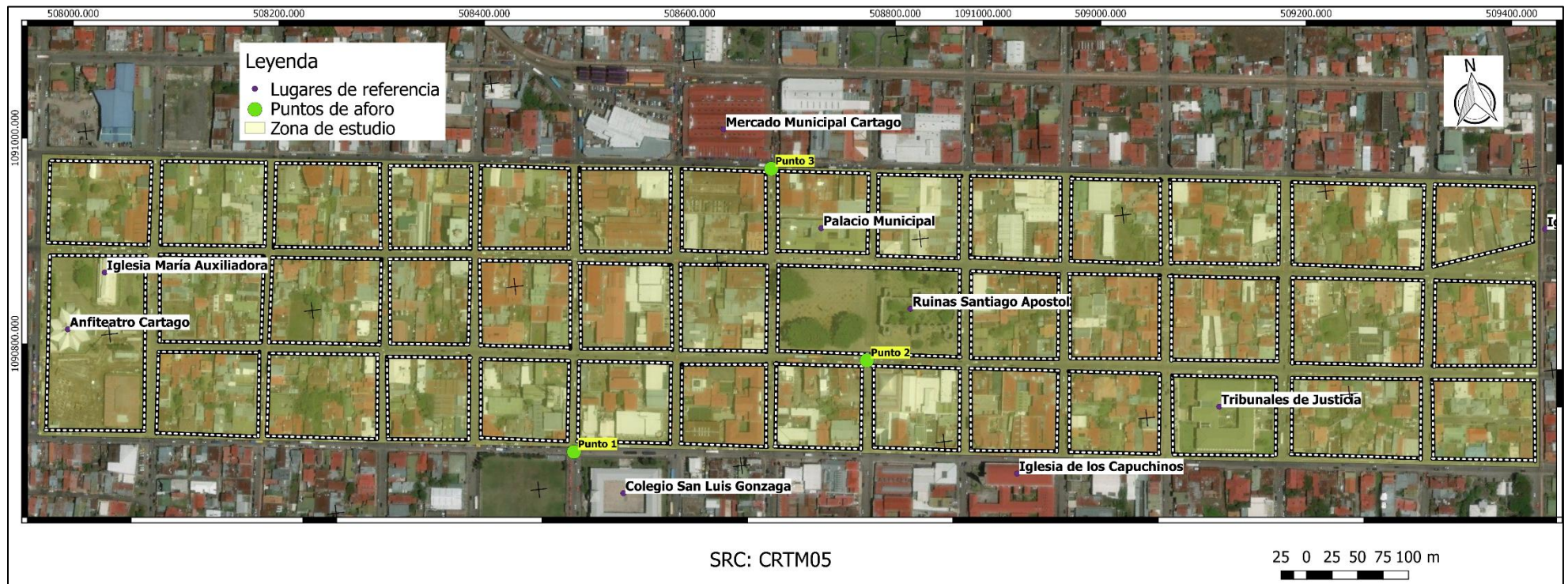
Recuperado de:

- https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/023/Ambientales/Corrales_L_2017a.pdf
- Robinson, J., Arasu, N., Devi R. & Sagunthala, R. (2017). Pedestrian flow under the influence of obstacles. *International Journal of ChemTech Research*, 10(8). Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/324182748_Pedestrian_Flow_under_the_Influence_of_Obstacles
- Secretaría de Planeamiento. (2014). Índice Sintético de Caminabilidad. Buenos Aires: Ministerio de Desarrollo Urbano de Argentina.
- South Africa Weather Service. (2019). North West province annual weather. Recuperado de: <http://www.weathersa.co.za/>
- Speck, J. (2013). *The walkable city*. USA: North Point Press.
- TEC. (2017). SEDE CENTRAL CARTAGO. Recuperado el 19 de marzo 2017 de:
<https://www.tec.ac.cr/ubicaciones/sede-central-cartago>
- Transportation Research Board (2000). *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C. Recuperado de:
https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf
- Urban Horticulture Institute. (2009). *Recomended Urban Trees*. New York. Recuperado de <http://www.hort.cornell.edu/uhi/outreach/recurbtrees/pdfs/~recurbtrees.pdf>
- UNEP-DTIE. (2012). *Cities and Buildings UNEP initiatives and projects*.
- Valenzuela, L., Talavera., R. (2015). Entornos de movilidad peatonal: una revisión de enfoques, factores y condicionantes. *EURE*, 41(123). Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612015000300001
- Vargas, A. (2014). *Diseño e implementaición de un sistema de medición y análisis de iluminación para vías* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Victoria Government. (2016). *The pedestrian access strategy*. Victoria: Ministry of roads and ports. Recuperado de
http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_iluminacion/Manual_de_Iluminacion_Vial_2015.pdf
- Vorontsova, A & Salimgareev. (2016). *The development of Urban Areas and Spaces with the Mixed Functional Use*. *Procedia Engineering* 150. Recuperado de:
<https://core.ac.uk/download/pdf/82395837.pdf>

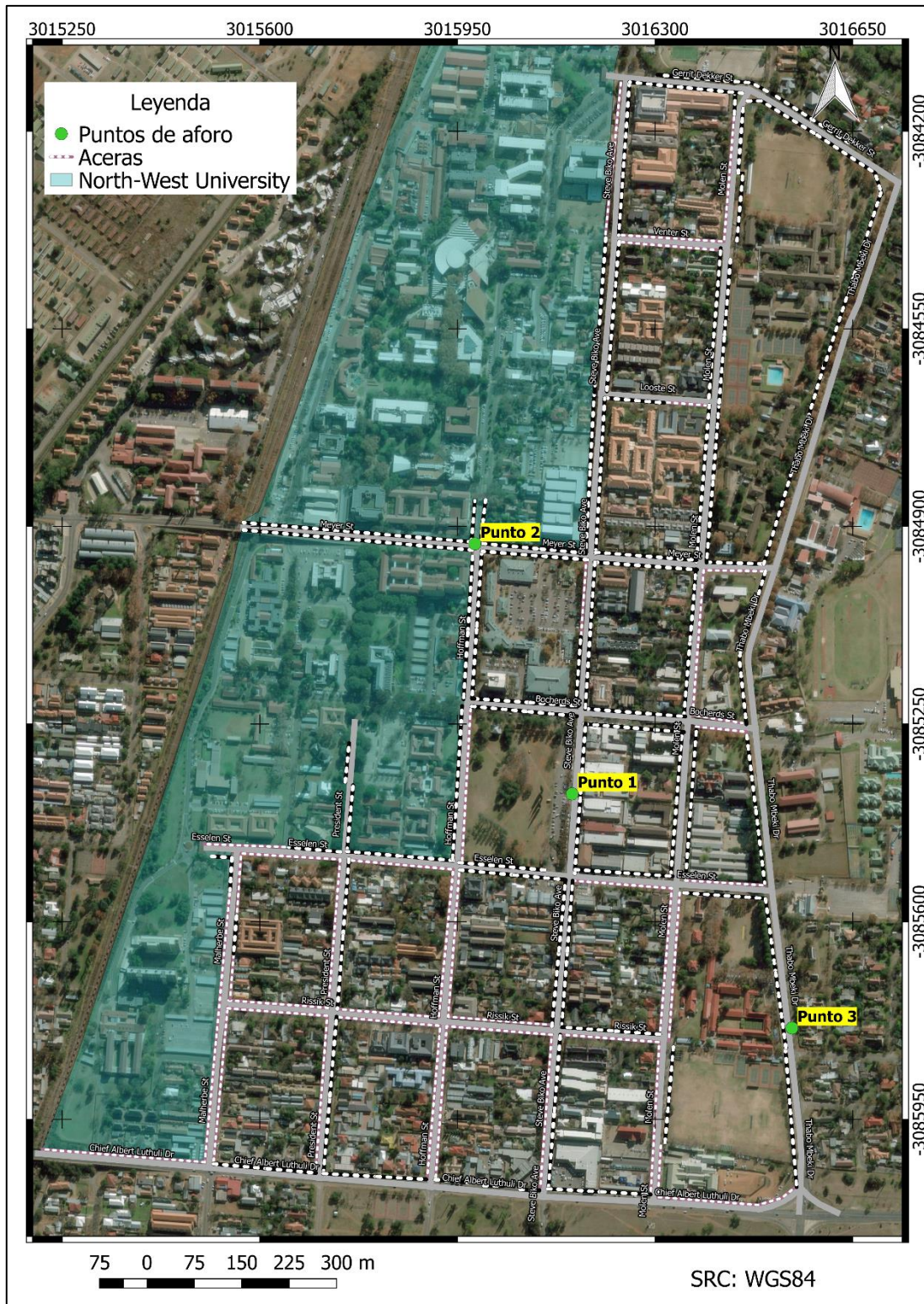
- Neto, L. (2015). The Walkability Index: Assessing the built environment and urban design qualities at the street level using open-access omnidirectional and satellite imagery. (Tesis de posgrado). Universidad de Manchester, Manchester, Inglaterra.
- Welsh, B. & Farrington, D. (2008). Effects of Improved Street Lighting on Crime. Campbell Systematic Reviews, 13.
DOI: 10.4073/csr.2008.13
- WHO - World Health Organization. (2018). Obesity and overweight. Disponible:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>. Último acceso 26 de marzo 2018.
- WHO - World Health Organization. (2013). Pedestrian safety. WHO Press. Recuperado de:
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/79753/9789241505352_eng.pdf;jsessionid=2DC1E7712AB3430428A756266FFFD93D?sequence=1
- World Business Council for Sustainable Development. (2004). Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability. The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

8. Anexos

Anexo 1. Ubicación de los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Cartago



Anexo 2. Ubicación de los 3 puntos de pre-aforo para la ciudad de Potchefstroom



Anexo 3. Hoja para la toma de datos.

Acera _____	Tipo de observación							
	Accesibilidad	Ancho	Luminosidad	Cruce	Techo	Arbolado	Estado	Obstáculos
Puntos GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								
Punto GPS _____								

Anexo 4. Encuesta sobre la percepción de seguridad aplicada en Cartago

Percepción de seguridad en el Casco Central de Cartago

El presente estudio consiste en la toma de diferentes indicadores urbanos para evaluar qué tan adecuada es la ciudad de Cartago para moverse de manera peatonal con el objetivo de priorizar soluciones y así construir una ciudad más sostenible y saludable para todos y todas.

Esta encuesta forma parte de un Proyecto Final de Graduación de la carrera de Ingeniería Ambiental del Tecnológico de Costa Rica.

Esta encuesta toma tan solo 7 minutos para completarla.
Nuestro más sincero agradecimiento

Si tiene dudas o sugerencias contactar a:

Felix Torres

felixtorresmartinez@gmail.com

Seleccione su edad de acuerdo a los siguientes rangos *

- ☐ 15-22 años
- ☐ 23-29 años
- ☐ 30-49 años
- ☐ 50-70 años
- ☐ 70+ años

¿Con cuál género se identifica? *

- ☐ Femenino
- ☐ Masculino
- ☐ Otro

¿Qué tan seguro se siente al caminar por alguna de las aceras ubicadas dentro del borde rojo?



Puede hacer zoom para ver detalles



	Me siento seguro(a)	Me siento moderadamente ...	Me siento inseguro(a)
Durante el día	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durante la noche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué tan seguro se siente al caminar por alguna de las aceras ubicadas dentro del borde rojo?

*

Puede hacer zoom para ver detalles



	Me siento seguro(a)	Me siento moderadamente ...	Me siento inseguro(a)
Durante el día	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durante la noche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué tan seguro se siente al caminar por alguna de las aceras ubicadas dentro del borde rojo?

*

Puede hacer zoom para ver detalles



	Me siento seguro(a)	Me siento moderadamente ...	Me siento inseguro(a)
Durante el día	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durante la noche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué tan seguro se siente al caminar por alguna de las aceras ubicadas dentro del borde rojo?

★

Puede hacer zoom para ver detalles



	Me siento seguro(a)	Me siento moderadamente ...	Me siento inseguro(a)
Durante el día	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durante la noche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué tan seguro se siente al caminar por alguna de las aceras ubicadas dentro del borde rojo?

Puede hacer zoom para ver detalles



	Me siento seguro(a)	Me siento moderadamente ...	Me siento inseguro(a)
Durante el día	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durante la noche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué tan seguro se siente al caminar por alguna de las aceras ubicadas dentro del borde rojo?

*

Puede hacer zoom para ver detalles



	Me siento seguro(a)	Me siento moderadamente ...	Me siento inseguro(a)
Durante el día	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durante la noche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿De todas las zonas anteriores existe algún lugar o calle que usted considera particularmente peligrosa? ¿Cuál o cuáles?

Si no, solamente continúe con la siguiente pregunta

Texto de respuesta largo

¿Cuando camina por la ciudad cuáles de los siguientes aspectos toma en cuenta al elegir su ruta?

*

Elija todos los que considere necesarios

- ☐ Rutas con sombra para protegerse del sol
- ☐ Rutas con con aceras en buena condición
- ☐ Rutas con un buen ancho de acera
- ☐ Rutas con pocos obstáculos en las aceras
- ☐ Rutas seguras
- ☐ Rutas bien iluminadas por las noches
- ☐ Rutas accesibles para personas con alguna discapacidad
- ☐ Rutas con facilidad para cruzar la calle (con semáforos o pasos peatonales)

Anexo 5. Encuesta sobre la percepción de seguridad aplicada en Potchefstroom.

Perception of security in Die Bult area, Potchefstroom

This form is part of a study in development by a student of the Institute of Technology of Costa Rica doing an internship in North-West University.

The study consist of taking different urban indicators in order to evaluate the walkability of Potchefstroom so as to build a healthier and more sustainable city for all.

If you have any doubts or suggestions contact:

Felix Torres

felixtorresmartinez@gmail.com

Select your age from the following categories *

☐ 15-22 years

☐ 23-29 years

☐ 30-49 years

☐ 50-70 years

☐ 70+ years

Select your age from the following categories *

☐ 15-22 years

☐ 23-29 years

☐ 30-49 years

☐ 50-70 years

☐ 70+ years

How safe / secure do you perceive walking in the following zone of the city to be? *

Zones are the areas shown within red borders. *Zoom in on mobile phone to see details*



	The zone is safe / secure	The zone is moderately saf...	The zone is unsafe / not se...
During the day	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
During the night	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

How safe / secure do you perceive walking in the following zone of the city to be? *

Zones are the areas shown within red borders. *Zoom in on mobile phone to see details*



The zone is safe / secure The zone is moderately saf... The zone is unsafe / not se...

During the day ☐ ☐ ☐

During the night ☐ ☐ ☐

How safe / secure do you perceive walking in the following zone of the city to be? *

Zones are the areas shown within red borders. *Zoom in on mobile phone to see details*



	The zone is safe / secure	The zone is moderately saf...	The zone is unsafe / not se...
During the day	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
During the night	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

How safe / secure do you perceive walking in the following zone of the city to be? *

Zones are the areas shown within red borders. *Zoom in on mobile phone to see details*



The zone is safe / secure The zone is moderately saf... The zone is unsafe / not se...

During the day ☐ ☐ ☐

During the night ☐ ☐ ☐

From the different zones shown before is there any particular place or street that you would highlight as being unsafe / not secure?

If there isn't any, continue to the next question

Texto de respuesta largo

When walking, which of the following aspects are the most important to you? *

Choose as many as apply

- ☐ Routes with shade (from trees) for sun protection
- ☐ Routes on which the sidewalk is in a good condition
- ☐ Routes with a good width of the sidewalk
- ☐ Routes with a minimum amount of obstacles in the sidewalk
- ☐ Routes that are safe / safer than other routes in the area
- ☐ Routes that are well lit during the night
- ☐ Routes that are more accessible for people with disabilities / people who are differently abled
- ☐ Routes on which the streets are easier / safer to cross (have pedestrian crossings, road signs etc)
- ☐ The closest routes to your destination

Anexo 6. Resultados de todos los índices calculados por acera para la ciudad de Potchefstroom.

ID Acera	Proximidad	Ancho acera	Accesibilidad	Cruce	Arbolado	Estado acera	Obstaculos	Luminosidad	Seguridad	Caminabilidad
1	87.26	100.00	0.00	70.00	100.00	70.00	100.00	0.00	25.00	59.45
2	87.50	100.00	0.00	50.00	100.00	71.33	100.00	0.00	25.00	57.51
3	86.50	100.00	50.00	0.00	100.00	10.00	100.00	50.00	25.00	56.21
4	97.35	100.00	50.00	100.00	100.00	62.00	100.00	50.00	25.00	73.35
5	99.99	0.00	50.00	100.00	19.89	72.00	100.00	0.00	25.00	47.83
6	99.40	0.00	50.00	50.00	100.00	46.67	100.00	0.00	25.00	48.27
7	96.65	0.00	50.00	0.00	100.00	60.00	100.00	0.00	25.00	44.12
8	84.69	0.00	50.00	0.00	100.00	56.00	100.00	0.00	25.00	42.44
9	86.08	0.00	50.00	50.00	100.00	32.00	100.00	0.00	25.00	45.32
10	87.50	0.00	50.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	25.00	47.37
11	87.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	25.00	44.74
12	61.39	100.00	0.00	0.00	53.57	42.00	100.00	0.00	25.00	41.52
13	60.93	100.00	0.00	70.00	60.76	66.13	100.00	0.00	25.00	52.14
14	60.86	100.00	0.00	0.00	76.39	99.00	33.33	0.00	25.00	42.85
15	61.09	0.00	0.00	0.00	82.28	82.00	100.00	0.00	25.00	38.20
16	86.67	0.00	0.00	0.00	76.53	100.00	100.00	0.00	25.00	42.18
17	86.84	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	25.00	34.14
18	87.26	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	25.00	34.19
19	87.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	50.00	0.00	48.68
20	87.50	0.00	0.00	0.00	100.00	64.67	100.00	50.00	0.00	44.96
21	85.77	0.00	0.00	50.00	100.00	37.67	33.33	0.00	25.00	36.24
22	96.89	0.00	50.00	0.00	100.00	40.13	100.00	50.00	25.00	49.95
23	86.64	0.00	0.00	50.00	100.00	68.80	77.78	50.00	0.00	48.23
24	96.19	0.00	0.00	0.00	100.00	70.40	100.00	50.00	0.00	46.48
25	86.58	0.00	50.00	50.00	100.00	72.00	100.00	50.00	0.00	53.53
26	96.03	0.00	50.00	0.00	100.00	58.67	0.00	50.00	0.00	37.34
27	96.45	0.00	0.00	0.00	100.00	98.20	0.00	0.00	25.00	34.96
28	98.11	0.00	0.00	0.00	100.00	12.00	100.00	50.00	0.00	40.54
29	100.00	0.00	50.00	100.00	100.00	90.00	100.00	50.00	0.00	62.11
30	98.08	0.00	50.00	0.00	100.00	74.00	0.00	50.00	0.00	39.17
31	100.00	0.00	50.00	100.00	100.00	60.00	100.00	50.00	0.00	58.95
32	100.00	0.00	50.00	100.00	100.00	66.67	100.00	0.00	25.00	55.70
33	100.00	0.00	50.00	50.00	100.00	86.00	100.00	0.00	25.00	52.47
34	99.59	0.00	50.00	50.00	100.00	65.67	0.00	50.00	25.00	47.66
35	96.84	0.00	50.00	0.00	100.00	43.80	100.00	50.00	25.00	50.33
36	94.18	0.00	50.00	0.00	14.71	88.00	100.00	0.00	25.00	37.83
37	95.13	0.00	50.00	0.00	100.00	95.20	100.00	0.00	25.00	47.67
38	99.82	0.00	50.00	0.00	100.00	47.60	100.00	0.00	25.00	43.15
39	97.04	0.00	50.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	25.00	37.85
40	96.02	0.00	50.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	37.74
41	96.59	0.00	50.00	0.00	9.62	74.40	100.00	0.00	25.00	36.12
42	96.89	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	25.00	45.73
43	96.87	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	35.20
44	96.72	0.00	50.00	100.00	8.06	100.00	100.00	0.00	25.00	49.19
45	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	26.00	100.00	50.00	0.00	42.21
46	98.21	100.00	50.00	100.00	100.00	80.00	0.00	0.00	0.00	52.97
47	96.52	0.00	50.00	100.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	48.32
48	95.97	0.00	50.00	0.00	0.00	90.67	100.00	0.00	25.00	36.75
49	100.00	0.00	0.00	50.00	100.00	22.67	100.00	0.00	25.00	43.18
50	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	68.00	100.00	0.00	25.00	42.68
51	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	70.00	100.00	50.00	0.00	46.84
52	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	50.00	100.00	50.00	0.00	44.74
53	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90.00	100.00	50.00	0.00	48.95
54	100.00	0.00	50.00	0.00	100.00	80.00	100.00	50.00	0.00	50.53
55	99.19	100.00	50.00	0.00	39.63	100.00	0.00	100.00	25.00	58.03
56	99.95	100.00	0.00	0.00	61.05	100.00	0.00	50.00	25.00	49.84
57	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	50.00	0.00	25.00	30.26
58	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	18.67	100.00	0.00	25.00	37.49
59	74.42	0.00	0.00	0.00	32.35	100.00	100.00	0.00	25.00	36.24
60	75.00	0.00	50.00	0.00	29.66	100.00	100.00	0.00	25.00	38.65
61	100.00	0.00	50.00	100.00	100.00	0.00	100.00	0.00	25.00	48.68
62	100.00	100.00	50.00	100.00	100.00	35.33	100.00	0.00	25.00	62.93
63	98.76	100.00	50.00	100.00	58.33	40.00	100.00	0.00	25.00	58.90
64	96.57	100.00	50.00	0.00	100.00	80.67	0.00	0.00	25.00	46.29
65	94.34	100.00	0.00	100.00	100.00	88.00	0.00	0.00	25.00	54.72

ID Acera	Proximidad	Ancho acera	Accesibilidad	Cruce	Arbolado	Estado acera	Obstaculos	Luminosidad	Seguridad	Caminabilidad
66	100.00	100.00	50.00	100.00	92.59	76.00	100.00	0.00	25.00	66.43
67	99.72	100.00	50.00	0.00	100.00	44.00	100.00	0.00	25.00	53.29
68	100.00	0.00	0.00	50.00	100.00	71.33	100.00	50.00	25.00	56.19
69	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90.00	100.00	50.00	25.00	52.89
70	99.88	0.00	0.00	0.00	100.00	46.00	100.00	0.00	25.00	40.36
71	100.00	0.00	50.00	0.00	91.46	23.33	100.00	0.00	25.00	39.72
72	100.00	100.00	50.00	0.00	100.00	70.67	88.89	50.00	0.00	58.90
73	100.00	0.00	50.00	100.00	100.00	100.00	0.00	50.00	0.00	52.63
74	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	92.00	44.44	50.00	25.00	57.78
75	100.00	0.00	0.00	50.00	100.00	82.00	100.00	50.00	25.00	57.32
76	100.00	0.00	50.00	0.00	100.00	100.00	100.00	50.00	25.00	56.58
77	100.00	0.00	50.00	0.00	100.00	66.00	0.00	50.00	25.00	42.47
78	100.00	100.00	50.00	0.00	100.00	10.00	100.00	50.00	25.00	57.63
79	100.00	100.00	50.00	50.00	100.00	44.00	100.00	50.00	25.00	66.47
80	100.00	100.00	50.00	50.00	37.79	54.00	100.00	0.00	25.00	53.08
81	100.00	100.00	50.00	100.00	12.20	100.00	51.85	0.00	25.00	55.43
82	100.00	0.00	0.00	0.00	68.40	100.00	100.00	50.00	25.00	50.62
83	100.00	0.00	50.00	50.00	70.83	100.00	100.00	0.00	25.00	50.88
84	100.00	0.00	50.00	50.00	21.98	0.00	100.00	0.00	25.00	35.21
85	100.00	0.00	50.00	50.00	100.00	81.67	0.00	0.00	25.00	41.49
86	96.57	100.00	50.00	0.00	100.00	28.00	100.00	0.00	25.00	51.27
87	99.09	100.00	50.00	100.00	100.00	40.00	100.00	0.00	25.00	63.33
88	99.05	0.00	50.00	50.00	0.00	44.00	100.00	0.00	25.00	37.43
89	97.50	0.00	0.00	0.00	100.00	56.00	100.00	0.00	25.00	41.16
90	97.72	0.00	0.00	0.00	100.00	12.00	33.33	0.00	25.00	29.53
91	98.85	0.00	50.00	50.00	100.00	10.00	0.00	0.00	25.00	33.83
92	99.29	0.00	0.00	0.00	94.94	50.00	100.00	0.00	25.00	40.18
93	99.72	0.00	0.00	0.00	59.38	86.67	100.00	0.00	25.00	40.34
94	98.46	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	50.00	0.00	60.36
95	97.99	100.00	50.00	0.00	100.00	100.00	100.00	50.00	0.00	62.95
96	99.49	0.00	0.00	0.00	100.00	82.00	100.00	0.00	0.00	40.16
97	99.89	0.00	50.00	0.00	100.00	60.00	100.00	0.00	0.00	40.51
98	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	80.00	100.00	50.00	0.00	47.89
99	98.19	0.00	0.00	50.00	97.73	90.00	100.00	0.00	25.00	49.83
100	98.26	0.00	50.00	0.00	99.24	86.67	100.00	0.00	25.00	47.02
101	100.00	0.00	50.00	0.00	64.71	76.67	100.00	0.00	25.00	42.51
102	100.00	0.00	0.00	0.00	73.53	70.00	100.00	0.00	25.00	40.11
103	98.13	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	25.00	56.38
104	97.88	100.00	50.00	0.00	100.00	100.00	100.00	50.00	25.00	66.88
105	99.79	0.00	0.00	0.00	30.49	100.00	4.76	0.00	25.00	28.69
106	86.95	0.00	50.00	0.00	0.00	100.00	100.00	50.00	25.00	44.68
107	99.68	100.00	50.00	0.00	98.10	78.67	100.00	50.00	25.00	64.63
108	98.96	100.00	0.00	50.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	51.21
109	100.00	0.00	50.00	100.00	51.95	0.00	100.00	0.00	25.00	43.63
110	100.00	0.00	50.00	50.00	0.00	100.00	0.00	50.00	25.00	40.79
111	100.00	100.00	50.00	50.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	53.95
112	100.00	0.00	50.00	50.00	91.67	0.00	100.00	0.00	25.00	42.54
113	100.00	100.00	50.00	50.00	100.00	70.00	100.00	0.00	25.00	61.32
114	100.00	100.00	50.00	50.00	100.00	100.00	100.00	50.00	0.00	68.42

Anexo 7. Resultados de todos los índices calculados por acera para la ciudad de Cartago.

ID Acera	Proximidad	Ancho acera	Accesibilidad	Cruce	Arbolado	Estado acera	Obstaculos	Luminosidad	Seguridad	Caminabilidad
1	18.24	100.00	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	25.00	31.56
2	19.60	100.00	25.00	0.00	0.00	40.00	100.00	0.00	25.00	29.66
3	24.85	97.56	50.00	100.00	11.43	31.33	12.20	0.00	25.00	36.14
4	18.22	100.00	50.00	100.00	17.14	0.00	97.56	0.00	25.00	44.04
5	23.88	100.00	50.00	0.00	80.00	38.67	48.78	0.00	25.00	33.18
6	53.47	100.00	50.00	0.00	62.86	15.33	73.17	0.00	25.00	37.15
7	55.13	100.00	50.00	0.00	40.00	13.33	24.39	0.00	25.00	30.14
8	55.53	100.00	25.00	100.00	68.57	30.00	100.00	30.00	25.00	54.39
9	53.93	100.00	50.00	0.00	11.43	0.00	12.20	30.00	25.00	31.39
10	53.92	100.00	25.00	0.00	51.43	52.00	100.00	0.00	25.00	37.43
11	58.17	100.00	50.00	50.00	45.71	17.67	0.00	30.00	25.00	39.39
12	60.06	100.00	25.00	0.00	34.29	0.00	85.37	0.00	25.00	32.36
13	58.61	73.17	50.00	0.00	45.71	40.67	0.00	30.00	25.00	33.34
14	58.60	100.00	50.00	0.00	45.71	32.00	100.00	0.00	25.00	40.88
15	61.67	97.56	0.00	0.00	22.86	0.00	0.00	30.00	25.00	22.57
16	63.51	100.00	50.00	0.00	22.86	3.00	100.00	30.00	25.00	43.70
17	61.95	97.56	50.00	0.00	80.00	55.20	0.00	30.00	25.00	38.04
18	63.84	97.56	25.00	0.00	34.29	37.00	0.00	60.00	25.00	35.38
19	79.41	97.56	25.00	100.00	34.29	40.67	0.00	30.00	25.00	43.90
20	77.42	100.00	50.00	100.00	0.00	36.00	24.39	60.00	25.00	54.10
21	77.72	97.56	50.00	100.00	11.43	22.00	0.00	0.00	50.00	43.32
22	79.85	100.00	25.00	0.00	0.00	40.00	100.00	30.00	50.00	44.98
23	82.33	97.56	25.00	100.00	22.86	27.00	0.00	30.00	50.00	45.71
24	77.75	100.00	25.00	0.00	0.00	32.00	0.00	30.00	50.00	32.50
25	80.48	100.00	50.00	100.00	45.71	62.00	0.00	0.00	50.00	48.16
26	82.59	100.00	50.00	100.00	34.29	60.00	12.20	30.00	50.00	54.34
27	84.32	100.00	75.00	100.00	36.57	42.67	0.00	0.00	50.00	51.35
28	82.13	73.17	25.00	100.00	17.14	60.00	0.00	60.00	50.00	51.15
29	82.28	100.00	50.00	100.00	34.29	70.00	0.00	30.00	38.00	52.05
30	84.44	100.00	50.00	0.00	0.00	100.00	100.00	60.00	38.00	57.35
31	85.09	100.00	50.00	0.00	0.00	90.00	100.00	0.00	38.00	46.25
32	82.92	100.00	0.00	0.00	80.00	15.00	0.00	30.00	38.00	30.99
33	82.98	100.00	25.00	0.00	34.29	40.00	0.00	60.00	38.00	39.49
34	85.16	100.00	50.00	0.00	5.71	23.60	97.56	30.00	38.00	47.69
35	84.94	100.00	50.00	0.00	28.57	35.20	36.59	30.00	38.00	42.52
36	82.97	100.00	50.00	100.00	57.14	6.33	0.00	60.00	38.00	55.02
37	82.78	100.00	75.00	100.00	77.99	62.00	100.00	30.00	38.00	70.38
38	84.84	100.00	75.00	0.00	0.00	50.00	24.39	60.00	38.00	49.97
39	84.05	100.00	75.00	0.00	22.86	57.00	24.39	60.00	38.00	51.63
40	82.03	100.00	50.00	0.00	80.00	45.67	100.00	30.00	38.00	53.28
41	83.92	100.00	25.00	0.00	22.86	54.67	85.37	0.00	25.00	37.71
42	83.90	100.00	50.00	0.00	17.14	52.20	24.39	60.00	25.00	45.05
43	57.36	100.00	50.00	0.00	11.43	13.60	12.20	30.00	25.00	32.60
44	81.87	100.00	25.00	0.00	22.86	38.00	24.39	30.00	25.00	34.61
45	55.28	100.00	50.00	0.00	34.29	0.00	90.24	0.00	25.00	36.78
46	57.17	97.56	50.00	0.00	68.57	34.00	0.00	30.00	25.00	35.56
47	54.45	97.56	50.00	0.00	27.52	33.80	0.00	30.00	25.00	32.81
48	52.77	100.00	50.00	0.00	45.71	30.00	24.39	0.00	25.00	31.18
49	52.51	97.56	50.00	0.00	80.00	43.60	0.00	0.00	25.00	30.95
50	54.20	97.56	50.00	0.00	0.00	95.20	0.00	30.00	25.00	34.77
51	37.78	97.56	50.00	0.00	22.86	28.20	0.00	30.00	25.00	30.25
52	36.30	97.56	50.00	0.00	17.14	26.67	0.00	0.00	25.00	24.35
53	35.99	97.56	50.00	0.00	28.57	65.33	0.00	30.00	25.00	32.56
54	37.41	97.56	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	21.91
55	33.87	100.00	50.00	0.00	57.14	60.00	100.00	0.00	25.00	40.29
56	32.87	100.00	0.00	0.00	45.71	35.60	36.59	0.00	25.00	21.78
57	34.29	97.56	50.00	0.00	22.86	12.00	36.59	0.00	25.00	27.89
58	34.71	97.56	50.00	0.00	11.43	0.00	0.00	0.00	25.00	22.26
59	38.16	100.00	50.00	0.00	5.71	14.00	60.98	30.00	25.00	35.76
60	37.58	97.56	25.00	0.00	22.86	62.00	60.98	0.00	25.00	29.68
61	37.90	97.56	25.00	0.00	11.43	22.00	0.00	0.00	25.00	19.52
62	38.53	97.56	50.00	0.00	17.14	0.00	0.00	30.00	25.00	28.34
63	54.41	97.56	50.00	0.00	34.29	0.00	0.00	0.00	25.00	25.92
64	54.43	100.00	50.00	0.00	11.43	0.00	100.00	0.00	25.00	36.49
65	54.69	97.56	50.00	0.00	0.00	17.00	0.00	0.00	25.00	24.94

ID Acera	Proximidad	Ancho acera	Accesibilidad	Cruce	Arbolado	Estado acera	Obstaculos	Luminosidad	Seguridad	Caminabilidad
66	55.41	100.00	50.00	0.00	45.71	4.00	100.00	0.00	25.00	38.85
67	58.30	100.00	50.00	0.00	17.14	0.00	100.00	30.00	25.00	42.57
68	57.38	100.00	50.00	0.00	11.43	0.00	36.59	0.00	25.00	29.37
69	57.61	100.00	50.00	0.00	80.00	0.00	24.39	30.00	25.00	37.29
70	58.51	100.00	25.00	100.00	11.43	23.47	24.39	60.00	25.00	47.39
71	85.33	100.00	25.00	0.00	34.29	0.00	73.17	0.00	25.00	33.90
72	84.14	100.00	25.00	0.00	68.57	52.00	0.00	0.00	25.00	30.23
73	84.27	100.00	50.00	100.00	40.00	4.67	36.59	30.00	38.00	53.08
74	85.51	100.00	25.00	0.00	88.82	52.00	12.20	60.00	38.00	45.13
75	85.94	100.00	25.00	0.00	51.43	17.00	85.37	0.00	38.00	38.94
76	85.14	100.00	25.00	0.00	45.71	32.00	0.00	0.00	38.00	29.35
77	84.78	0.00	50.00	0.00	23.79	92.00	0.00	0.00	38.00	30.08
78	85.17	0.00	25.00	0.00	0.00	80.00	0.00	60.00	38.00	34.20
79	85.97	0.00	50.00	100.00	43.13	52.00	0.00	0.00	38.00	40.77
80	85.60	0.00	50.00	100.00	100.00	72.00	0.00	0.00	38.00	45.25
81	82.87	100.00	25.00	100.00	80.00	72.00	0.00	0.00	50.00	46.63
82	84.63	100.00	50.00	0.00	34.29	30.00	0.00	30.00	50.00	39.62
83	84.36	100.00	75.00	100.00	11.43	4.00	12.20	30.00	50.00	54.33
84	84.35	73.17	0.00	0.00	34.29	0.00	0.00	0.00	50.00	22.13
85	82.67	100.00	50.00	100.00	0.00	27.00	0.00	60.00	50.00	54.25
86	84.11	100.00	50.00	0.00	0.00	80.00	12.20	60.00	50.00	47.21
87	81.53	100.00	50.00	100.00	57.14	66.67	97.56	0.00	50.00	60.71
88	82.64	100.00	50.00	100.00	28.57	76.67	73.17	30.00	50.00	62.17
89	79.74	97.56	25.00	0.00	22.86	74.00	12.20	30.00	25.00	34.90
90	64.12	97.56	50.00	100.00	45.71	70.00	24.39	0.00	25.00	46.49
91	65.46	97.56	50.00	0.00	34.29	30.00	0.00	0.00	25.00	28.99
92	65.44	100.00	50.00	0.00	0.00	46.67	0.00	30.00	25.00	33.38
93	63.73	97.56	50.00	0.00	11.43	22.00	0.00	30.00	25.00	32.26
94	64.93	97.56	50.00	0.00	57.14	56.80	0.00	30.00	25.00	37.14
95	61.77	97.56	50.00	0.00	80.00	74.00	0.00	30.00	25.00	39.12
96	60.57	97.56	50.00	0.00	68.57	0.00	0.00	0.00	25.00	28.66
97	60.25	97.56	50.00	0.00	11.43	34.00	0.00	30.00	25.00	32.56
98	56.48	100.00	50.00	0.00	5.71	20.00	100.00	0.00	25.00	37.57
99	55.63	97.56	50.00	0.00	11.43	6.00	12.20	30.00	25.00	31.80
100	60.26	100.00	25.00	0.00	17.14	4.00	100.00	0.00	25.00	33.33
101	55.15	100.00	25.00	0.00	17.14	33.67	85.37	0.00	25.00	32.76
102	56.15	100.00	25.00	0.00	28.57	0.00	12.20	0.00	25.00	22.96
103	26.34	100.00	50.00	0.00	11.43	78.00	0.00	30.00	25.00	31.30
104	25.45	100.00	50.00	0.00	68.57	0.00	0.00	0.00	25.00	24.67
105	25.75	100.00	75.00	100.00	0.00	100.00	0.00	30.00	25.00	48.03
106	19.80	100.00	50.00	100.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	49.39
107	20.44	100.00	75.00	0.00	0.00	82.67	0.00	0.00	25.00	29.33
108	25.78	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	47.15
109	26.32	100.00	25.00	0.00	28.57	32.00	97.56	60.00	25.00	41.96
110	31.04	100.00	50.00	100.00	40.00	0.00	97.56	0.00	25.00	46.89
111	56.05	100.00	50.00	0.00	34.29	12.00	100.00	0.00	25.00	38.73
112	26.41	100.00	50.00	0.00	11.43	6.33	85.37	0.00	25.00	31.84
113	31.55	100.00	50.00	0.00	13.71	17.33	36.59	30.00	25.00	32.78
114	61.67	100.00	50.00	0.00	0.00	32.00	97.56	0.00	25.00	38.26
115	61.34	97.56	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	30.60
116	56.42	100.00	50.00	0.00	11.43	0.00	97.56	0.00	25.00	36.43
117	62.17	100.00	50.00	0.00	100.26	42.00	0.00	30.00	25.00	38.62
118	65.63	97.56	50.00	0.00	11.43	28.67	0.00	30.00	25.00	32.88
119	65.14	97.56	50.00	0.00	57.14	0.00	12.20	30.00	25.00	35.26
120	65.21	100.00	50.00	0.00	34.29	62.00	0.00	0.00	25.00	30.98
121	65.60	100.00	50.00	0.00	0.00	34.00	0.00	0.00	25.00	27.36
122	66.16	100.00	50.00	0.00	45.71	22.00	24.39	30.00	25.00	37.58
123	81.92	97.56	25.00	100.00	5.71	40.00	0.00	60.00	25.00	47.77
124	81.33	100.00	50.00	0.00	0.00	57.00	36.59	0.00	25.00	34.87
125	81.65	100.00	50.00	0.00	17.14	25.00	36.59	30.00	50.00	42.27
126	82.23	100.00	50.00	0.00	0.00	52.00	48.78	0.00	50.00	39.06
127	84.25	100.00	25.00	0.00	0.00	10.00	100.00	30.00	50.00	43.74
128	84.24	100.00	75.00	0.00	0.00	52.00	0.00	0.00	50.00	37.97
129	84.41	97.56	50.00	100.00	11.43	0.00	58.54	0.00	50.00	49.70
130	84.40	97.56	25.00	0.00	28.57	75.00	0.00	60.00	50.00	42.64

ID Acera	Proximidad	Ancho acera	Accesibilidad	Cruce	Arbolado	Estado acera	Obstaculos	Luminosidad	Seguridad	Caminabilidad
132	85.53	100.00	25.00	0.00	5.71	27.00	24.39	30.00	50.00	36.33
133	85.63	100.00	50.00	0.00	0.00	40.00	0.00	0.00	38.00	31.60
134	85.45	100.00	50.00	0.00	0.00	75.60	85.37	30.00	38.00	49.01
135	85.91	100.00	50.00	0.00	34.29	51.67	36.59	60.00	38.00	49.23
136	85.62	100.00	75.00	100.00	17.14	40.00	85.37	0.00	38.00	58.83
137	86.08	100.00	50.00	0.00	0.00	49.20	36.59	30.00	38.00	41.80
138	85.96	97.56	75.00	0.00	11.43	36.67	0.00	30.00	38.00	41.68
139	85.85	97.56	50.00	0.00	0.00	57.20	0.00	30.00	38.00	37.79
140	86.00	100.00	25.00	0.00	0.00	65.87	36.59	0.00	38.00	33.06
141	85.36	97.56	50.00	0.00	9.14	33.00	12.20	0.00	38.00	32.99
141	85.40	97.56	50.00	0.00	0.00	25.80	12.20	30.00	38.00	37.33
142	85.36	97.56	50.00	100.00	0.00	87.67	0.00	60.00	38.00	56.58
143	85.56	100.00	50.00	100.00	11.43	42.00	12.20	0.00	38.00	45.59
144	85.46	100.00	25.00	100.00	11.43	18.33	73.17	0.00	25.00	45.41
145	85.27	100.00	50.00	100.00	17.14	1.00	12.20	30.00	25.00	47.24
146	58.55	100.00	50.00	0.00	5.71	6.00	48.78	30.00	25.00	36.26
147	58.66	100.00	25.00	0.00	2.81	60.67	95.12	0.00	25.00	35.06
148	58.20	100.00	100.00	0.00	0.00	62.00	24.39	30.00	25.00	45.13
149	58.03	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	25.00	39.18
150	55.39	100.00	100.00	70.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	58.87
151	55.58	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	25.00	50.66
152	55.21	100.00	50.00	0.00	34.29	0.00	48.78	30.00	25.00	37.19
153	54.99	100.00	50.00	100.00	22.86	0.00	97.56	30.00	25.00	54.00
154	38.38	100.00	0.00	0.00	80.00	57.00	12.20	0.00	25.00	22.83
155	38.53	100.00	25.00	0.00	22.86	0.00	100.00	0.00	25.00	30.88
156	38.00	97.56	50.00	0.00	68.57	0.00	36.59	30.00	25.00	35.61
157	34.35	48.78	0.00	0.00	14.91	11.33	0.00	0.00	25.00	11.40
158	34.73	100.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	21.73
159	38.32	100.00	50.00	0.00	22.86	0.00	48.78	0.00	25.00	29.24

Anexo 8. Resultados de la priorización de zonas para la ciudad de Potchefstroom.

